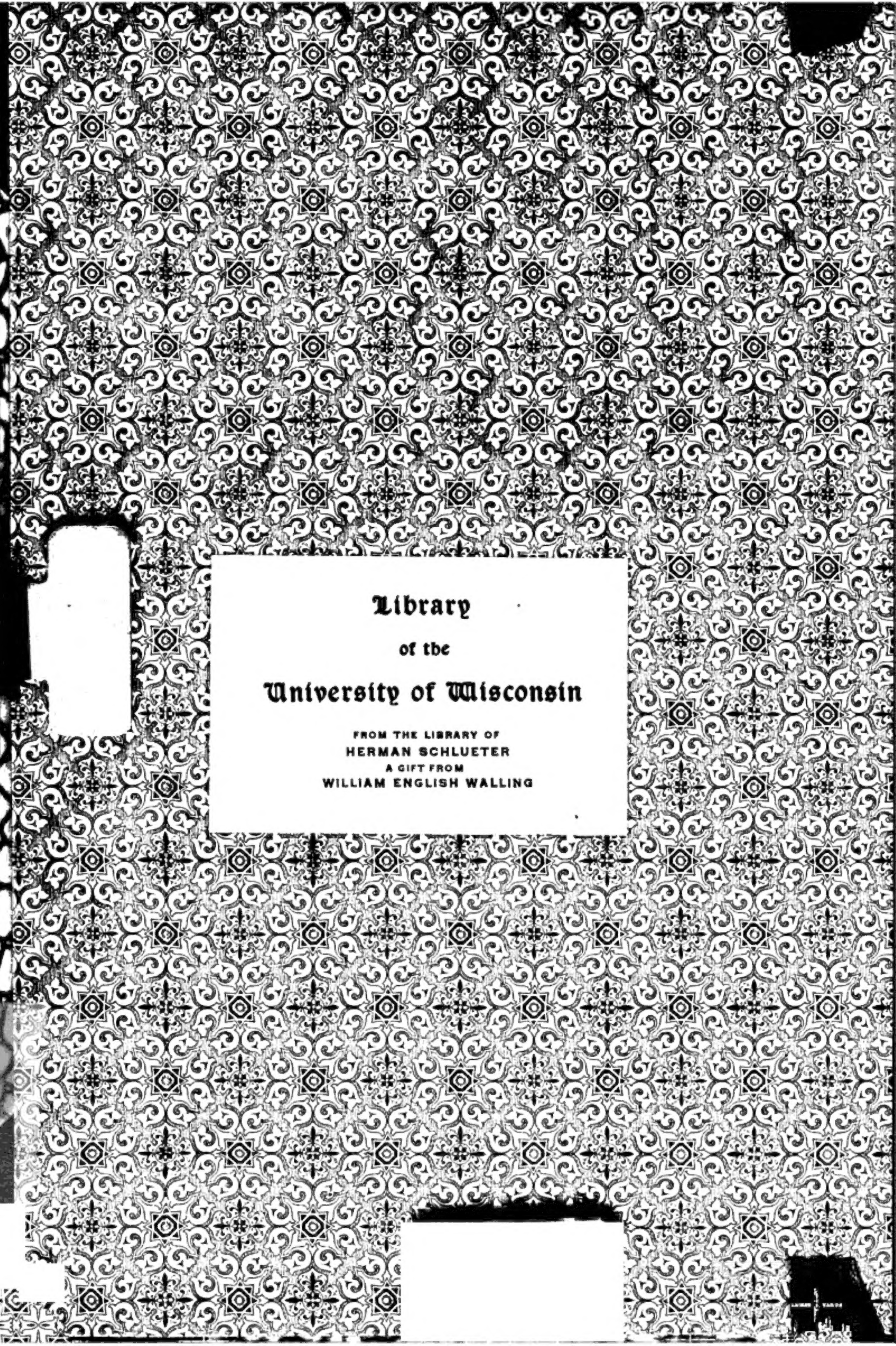
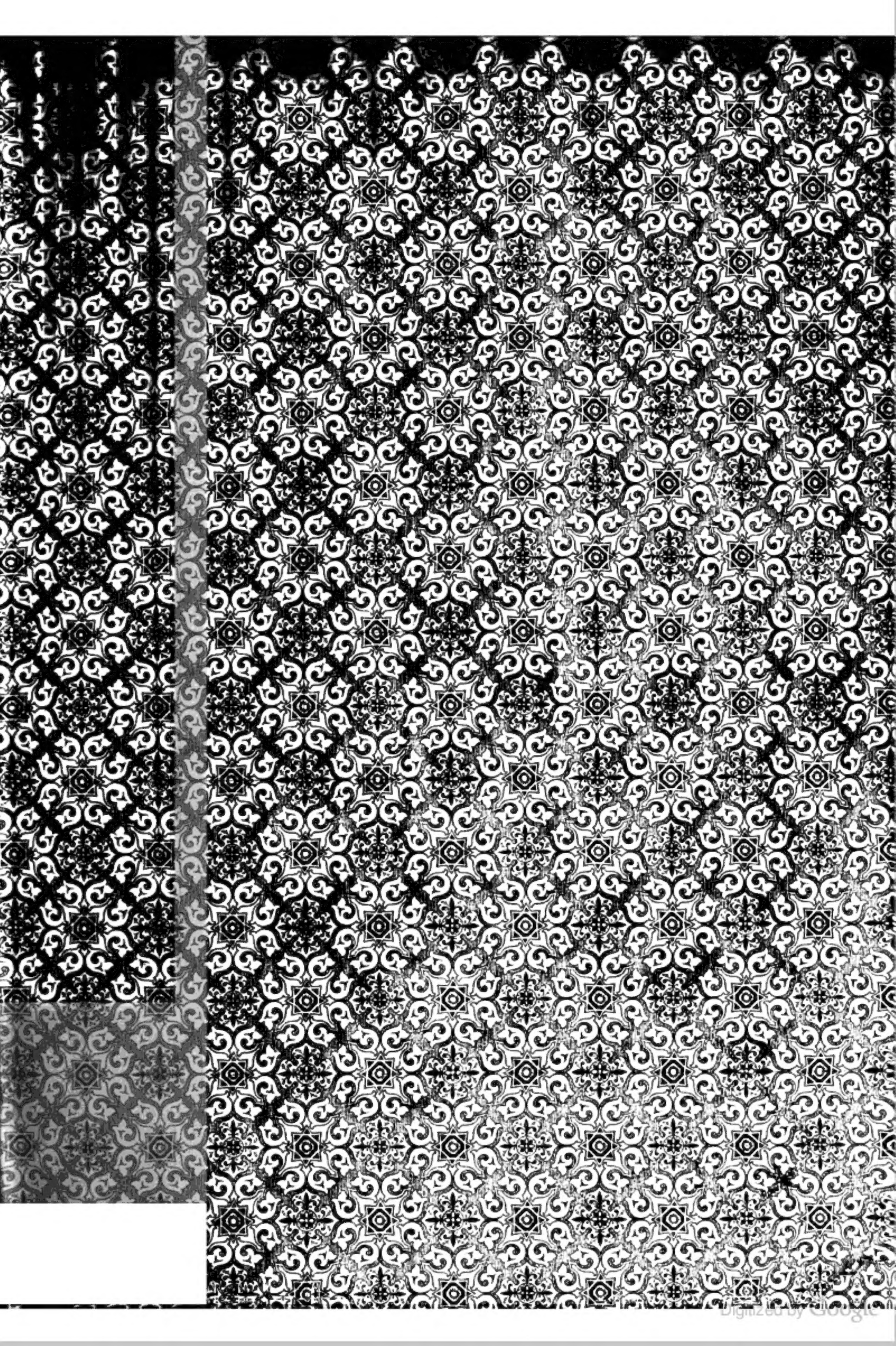
Das Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien: Der Weltverkehr ...

Digitized by Google


Library
of the
University of Wisconsin
FROM THE LIBRARY OF
HERMAN SCHLUETER
A GIFT FROM
WILLIAM ENGLISH WALLING



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Das

Buch der Erfindungen

Gewerbe und Industrien

IX

Neunte, durchaus neugestaltete Auflage

Digitized by Google

Buch der Erfindungen

Gewerbe und Industrien

Gesamtdarstellung

aller Gebiete der gewerblichen und industriellen Arbeit

sowie von Weltverkehr und Weltwirtschaft

Neunte, durchaus neugestaltete Auflage

bearbeitet von

Dr. **F. Ahrens**, Prof. für landwirtschaftliche Technologie in Breslau — Prof. Dr. **W. Borchers** in Aachen — Dir. **H. Brüggemann** in Mülhausen i. E. — Hauptmann a. D. **J. Castner** in Friedenau — **G. Ebe**, Architekt in Berlin — Architekt **J. Faulwasser** in Hamburg — Dr. **L. Grunmach**, Prof. a. d. Techn. Hochschule zu Berlin — **M. Gürtler**, Direktor der höh. Webeschule in Berlin — **Hermann Haedicke**, Direktor der Königlichen Fachschule in Remscheid — Regierungsrat Dr. **H. Hecht** in Charlottenburg — Ingenieur **Julius Hoch** in Zittau — **Max Kraft**, Prof. a. d. Techn. Hochschule in Graz — Prof. Dr. **Lassar-Cohn** in Königsberg — Dr. **Richard Loewenthal**, Lehrer a. d. höh. Webeschule in Kottbus — Prof. **Ferd. Luthmer**, Direktor der Kunstgewerbeschule in Frankfurt a. M. — Ingenieur **Curt Merckel** in Hamburg — Regierungsbaumeister **Nestle** — **Ernst Pliwa**, Direktor der k. k. Fachschule für Holzindustrie in Villach — **Franz Reh**, Prof. a. d. Techn. Hochschule in Wien — Geheimrat Prof. **F. Reuleaux** in Berlin — Ingenieur **E. Rosenboom** in Kiel — **P. Rowald**, Stadtbauinspektor in Hannover — **Tjard Schwarz**, Kaiserl. Marine-Oberbaurat in Berlin — Professor Dr. **H. Settegast**, Direktor des landwirtschaftlichen Instituts in Jena — Wasser-Bauinspektor **O. B. Stecher** — **E. Treptow**, Prof. a. d. Bergakademie in Freiberg — **L. Troske**, Kgl. Eisenbahnbauinspektor a. D., Professor a. d. Technischen Hochschule in Hannover — **K. Wilke**, Ingenieur für Elektrotechnik in Berlin — Professor Dr. **F. Wüst**, Lehrer a. d. Hüttenschule in Duisburg — und andern Fachmännern ersten Ranges

Neunter Band

Der Weltverkehr und seine Mittel

Erster Teil

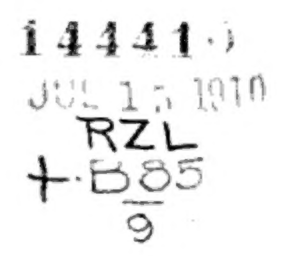
Mit 764 Textabbildungen, sowie 14 Beilagen

Leipzig
Verlag und Druck von Otto Spamer
1901

Digitized by Google

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen vorbehalten.

Digitized by Google


14441
JUL 15 1910
RZL
+B85
9

Inhaltsverzeichnis
zum
Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien.

Neunte Auflage.

Neunter Band.

Der Weltverkehr und seine Mittel.

Erster Teil.

Einleitung.

Von Ingenieur Curt Merckel.

Seite
Die geschichtliche Entwickelung des Verkehrswesens 3
Die ältesten Transportmittel (5). — Handel und Verkehr im Altertum (11). — Die Handelsstädte Italiens. Venedig. Deutschland. Bedeutung der Kreuzzüge (17). — Deutschland im Mittelalter. Der Hansabund (21). — Hauptverkehrsstraßen im Mittelalter. Der Seeweg nach Indien. Die Entdeckung Amerikas (27). — Die niederländischen Städte bis zum 17. Jahrhundert. England (29). — Englands Verkehrswege im Mittelalter (31). — England im 17. u. 18. Jahrhundert (33). — Englands Kanalbauten (35). — Kanal- und Wegebauten. Erfindung der Eisenbahn (38). — Einwirkung der Eisenbahn auf den Verkehr (39). — Die Eisenbahnen Asiens (45). — Ausdehnung der Bahnen. Fluß- und Seeverkehr (49). — Seeverkehr und Seehäfen. Stadtverkehr (51).

Landstraßen.

Von Ingenieur Curt Merckel.

Der Straßenbau 55
Römerstraßen (56). — Entwickelung des Straßenbaues in der Neuzeit (61). — Alpenstraßen (63). — Der moderne Wegebau (67). — Straßenmotoren: Dampfwagen, Automobilen (69). Elektrische Motorwagen (71).

Die Eisenbahnen.

Von L. Troske, Kgl. Eisenbahnbauinspektor a. D. und Professor an der Techn. Hochschule in Hannover.

Allgemeines und Linienführung.

Einleitung 75
Ausbreitung der Bahnen in den einzelnen Ländern 78
Deutschlands erste Lokomotivbahn (79). — Übersicht des Eisenbahnnetzes der Erde (82). — Anlagekosten und Zahl der Bediensteten (88).
Einteilung der Bahnen 89
Spurweiten (90). — Schmalspurbahnen (92). — Einfluß des Windes auf die Spurweite (95).

Digitized by Google

Seite

Bauliches, Zugwiderstände und Steigungsverhältnisse 95

Die Vorarbeiten zu einer Eisenbahnlinie (95). — Die Jungfraubahn (98). — Die höchsten Eisenbahnen der Welt (100). — Bergkrankheit (101). — Bewegungswiderstände (102). — Steigungsverhältnisse (106).

Linienführung 108

Ausfahren von Seitenthälern (109). — Semmeringbahn (109) und Brennerbahn (113). — Entwickelung durch Spitzkehren (115). — Entwickelung durch Schleifen (117). — Die Triberger Schleifen (117). — Amerikanische Schleifen (119). — Strategische Schwarzwaldbahn (120). — Offene und Tunnel-Schlingen (123). — Schlingen und Schleifen der Gotthardbahn (124). — Der große Gotthardtunnel (127).

Anwendung der Zahnstange bei Eisenbahnen 130

Zahnbahnen (132). — Rigibahn (134). — Steigungsverhältnisse der Zahnbahnen (135). — Vereinigte Reibungs- und Zahnbahnen (135). — Pilatusbahn (140).

Oberbau.

Entwickelung der Fahrbahn 141

Gußeiserne Schienen (142). — Schmiedeiserne Schienen (144). — Breitfußschienen (147). — Doppelkopf- oder Stuhlschienen (148). — Neuere Stahlschienen (149).

Der Schienenstoß 149

Der ruhende und schwebende Schienenstoß (149). — Stoßfangschiene und Stoßbrücke (153).

Gleisbau 153

Holzschwellen (154). — Eisenschwellen (156). — Schwellenschienen (157). — Einzelunterlagen (158). — Spurerweiterung und Schienenüberhöhung (159). — Weichen (160).

Sonderheiten im Oberbau der Steilbahnen 163

Zahnstangenformen (163). — Weichen für Zahnbahnen (167). — Oberbau der Seilbahnen (168).

Betriebsmittel.

Die Lokomotive 169

Grundlagen für den Bau und die Wirkungsweise der Lokomotive (169). — Raddruck und Schienenreibung (170). — Zugkraft (172). — Verdampfungsfähigkeit des Kessels (173). — Außenmaße. Leistung der Lokomotiven (175). — Lokomotivkessel (176). — Blasrohr (178). — Verbrennungs- und Dampfwärme (179). — Heizfläche (180). — Kesselausrüstung (181). — Speisung (182). Einteilung der Lokomotiven (183).

Geschichte der Lokomotive 184

Oliver Evans (185). — Trevithik (186). — Älteste Eisenbahnlokomotive (187). — Blenkinsop, Chapman und Brunton (188). — Blackett und Hedley (190). — Erste brauchbare Lokomotive (191). — G. Stephensons erste Lokomotive (193). — Stephensons zweite und dritte Lokomotive (195). — T. Hackworth (197). — Robert Stephenson und Seguin. Wettfahrt bei Rainhill (199). — Kessel der Rainhiller Lokomotiven (201). — „Globe“ und „Planet“ (203). — Schwierigkeiten beim Bau der Liverpool-Manchesterbahn (205). — Die ersten amerikanischen Lokomotiven (207). — Baldwins Lokomotivfabrik (208). — Deutscher Lokomotivbau (209). — Die Crampton-Lokomotive (211). — Lokomotiv-Wettbewerb auf dem Semmering (213). — Lokomotive „Wiener-Neustadt“ und „Seraing“. Fink- und Engerth-Lokomotive (215). — Fairlie- und Günther-Meyer-Lokomotive (216). — Mallet-Lokomotive (218). — Die Rauchplage (219). — Verbundlokomotiven (220). — Drei- und viercylindrige Verbundlokomotive (221). — Heilmann-Lokomotive (222). — Mastodon-Lokomotive (223).

Geschichte der Zahnradlokomotive 227

Die ersten Zahnradlokomotiven (227). — Lokomotive von Marsh. Riggenbachs Lokomotive (229). — Vorteile großer Kolbengeschwindigkeit (230). — Ersatz des stehenden Kessels durch den liegenden (231). — Lokomotiven für vereinigte Zahn- und Reibungsbahnen (233). — Lokomotive von Abt (235). — Verbesserungen in den Lokomotiv-Nebenteilen (235).

Wagen 236

Personenwagen (237). — Gangart der Wagen (240). — Freie Lenkachsen (241). — Schlaf- und Pullmannwagen (243). — Luxuszüge (248). — Drehgestelle (249). — Heizung der Wagen. Wärmflaschen und Preßkohlenheizung (251). — Dampfheizung

Digitized by Google

Seite

(252). — Lüftung und Beleuchtung (253). — Fettgasbeleuchtung. Elektrische Wagenbeleuchtung (255). — Acetylen- und Mischgas (256). — Hand- und durchgehende Bremsen (257). — Luftsaugebremsen (258). — Luftdruckbremsen (259). — Reibungsbremse (261). — Güterwagen (261). — Wagen für Sonderzwecke (263). — Kühl- und Heizwagen (266). — Räder u. Radreifen (269). — Befestigung der Radreifen. Buffer (271). — Wagenkuppelung. Selbstthätige Kuppelung (273). — Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen (275).

Signalwesen und Weichensicherung.

Signale 275

Sicht- und hörbare Signale (277). — Buntscheckigkeit der älteren deutschen Signalformen (279). — Verschiedenartige Benutzung der Läutewerke (280). — Hand- und Mastensignale (282). — Wegesignale (283). — Vorsignale. Weichensignale (284). — Signale am Zuge (285). — Knallsignale (286).

Weichen- und Signalsicherung 288

Stellwerke. Sicherung einer Bahnabzweigung (289). — Wirkungsweise eines Stellwerks (291). — Allgemeine Bauart der Stellwerke (295). — Signal- und Weichenstellung mittels Wasser- und Luftdruckes oder Elektrizität (297). — Verschlußtafel zu einem Stellwerk (300).

Einzelheiten zur Weichensicherung 302

Weichensicherung durch Druckschienen (303). — Verriegelung der Spitzweichen (304). — Spitzenverschlüsse (305). — Ausgleichvorrichtungen der Signalzüge u. Weichengestänge (307).

Blockverfahren 308

Verriegelung der Mastensignale durch das Blockwerk (309). — Stationsblockung (311). — Ausschließung feindlicher Signale durch das Stationsblockwerk (312). — Streckenblockung (314). — Sicherung der Züge auf der Strecke durch das verbesserte Blockverfahren (317). — Zugstab (319).

Sicherung der Schienenübergänge 319

Zugdienst und Fahrgeschwindigkeit.

Reisegeschwindigkeit. Postzüge (321). — Wassernehmen während der Fahrt (323). — Die schnellsten Züge Europas (325). — Fahrpreise (326).

Schneepflüge und Schneeschleudermaschinen 327

Störungen durch Schnee (327). — Schneeschleudermaschinen (329).

Eisenbahn-Fährboote (Trajektanstalten) 331

Eisenbahnfähren (331). — Solanofähre und Rheinfähren (333). — Fähre über den Baikalsee (334). — Schiffbrücken (335).

Besondere Eisenbahnen.

Seilbahnen 335

Kabelbahnen (336). — Agudios Seilebene (338). — Seilbahnen mit offenem Seil; ihre Betriebsart und Steigungsverhältnisse (339). — Ausweichstellen eingleisiger Seilbahnen (345). — Sicherung gegen Seilbruch. Wagen (347).

Stadtbahnen 347

Vergleich der Hoch- und Tiefbahnen (348). — Die Londoner Untergrundbahnen (349). — Die elektrische Tunnelröhrenbahn in London (359). — Die Zentral-Londonbahn (363). — Elektrische Unterpflasterbahn in Budapest (364). — Die New Yorker Hochbahnen (369). — Die elektrische Hochbahn in Berlin (372). — Hänge- oder Schwebebahnen (374). — Die Elberfelder Schwebebahn (376).

Brücken und Viadukte.

Von Ingenieur Curt Merckel.

Brücken des Altertums (381). — Brücken des Mittelalters (383). — Bauten der Brückenbrüder (385). — Mittelalterliche deutsche Brücken (387). — Hölzerne Brücken (389). — Gußeiserne Bogenbrücken (391). — Eiserne Balkenbrücken (393). — Firth of Forth-Brücke (395). — Schmiedeeiserne Bogenbrücken (399). — Herstellung der Brücken (401). — Stein- und Betonbrücken (405). — Bewegliche Brücken (407).

Wasserstraßen.

Flußläufe und Flußschiffahrt.

Von Ingenieur Curt Merckel.

Seite

Flußschiffahrt im Altertum (415). — Der Verkehr auf der Elbe (417). — Amerikanische Schiffahrtsstraßen (419). — Verkehr auf Flüssen (421).

Stromkorrektionen.

Von Wasser-Bauinspektor Stecher und Regierungsbaumeister Nestle.

Alte und moderne Strombaukunst (423). — Flut und Ebbe (425). — Korrektionen im Flutgebiet (427). — Regulierungsarbeiten an dem Tyne und der Seine (429). — Korrektion der Unterweser (431). — Regulierungsarbeiten am Mississippi (433). — Die Regulierung des Eisernen Thores (435). — Die Rheinschiffahrt (437).

Flußkanalisierungen.

Von Wasser-Bauinspektor Stecher und Regierungsbaumeister Nestle.

Technik der Flußkanalisierung (439). — Verschiedenheit der Stauhöhe (441). — Schiffsdurchlässe, Wehre (443). — Nadelwehre (444). — Klappen- und Trommelwehre (447). — Fischwege und Fischtreppen (449). — Aalpässe (451).

Flußhäfen.

Von Wasser-Bauinspektor Stecher und Regierungsbaumeister Nestle.

Allgemeine Anordnung der Flußhäfen (453). — Form der Flußhäfen (455). — Einrichtung der Flußhäfen (456).

Schiffahrtskanäle.

Von Ingenieur Curt Merckel.

Schiffahrtskanäle im Altertum und Mittelalter (467). — *Stau- und Kammerschleusen (469). — Kanäle in Holland und Frankreich (471). — Kanalbauten in Rußland und Schweden (473). — Schiffahrtskanäle in Norwegen und England (475). — Schiffahrtskanäle in Amerika (477). — Schiffahrtskanäle in Frankreich und Deutschland (481). — *Geneigte Ebenen (483). — *Schiffshebewerke (485). — *Deutschlands Schiffahrtskanäle (491).

Seekanäle 494

Suez-Kanal (496). — Manchester Seekanal (501). — *Kaiser Wilhelm-Kanal (503). — St. Petersburg-Kronstadter Kanal (512). — Kanal von Korinth (513). — Panamakanal (515).

*) Von Wasser-Bauinspektor Stecher und Regierungsbaumeister Nestle.

Seehäfen.

Von Wasser-Bauinspektor Stecher und Regierungsbaumeister Nestle.

Seehäfen des Altertums (517). — Seehäfen des Mittelalters und der neueren Zeit (519). — Zweck der Häfen. Reede und Vorhafen (521). — Anordnung der Hafenbecken (523). — Anlage der Ufermauern (525). — Lösch- und Ladevorrichtungen (527). — Trockendocks (532). — Schwimmdocks (535). — Moderne Hafenstädte: Hamburg (537). — Amsterdam (538). — Odessa (538). — Triest (542). — Genua (542). — Marseille (542). — Liverpool (544). — London (544). — New York (544).

Schiffahrtszeichen.

Von Wasser-Bauinspektor Stecher und Regierungsbaumeister Nestle.

Landmarken (547). — Baken und Bojen (549). — Glockenbojen. Gasbojen. Leuchttürme (551). — Leuchttürme von Cordouan und Eddystone (553). — Rotheſand-Leuchtturm (554). — Linsenapparate der Leuchttürme (565). — Feuerschiffe (567). — Hörsignale. Zeitbälle (569).

Die Taucherkunst und die Hebung und Bergung verunglückter Schiffe.

Von Ingenieur Curt Merckel.

Die Taucherkunst 571

Taucherausrüstung (571). — Verwendung des Telephons und der Glühlampe (577). — Taucherglocken. Taucherschachte. Taucherboote (579). — Submarinegucker. Pneumatischer Tunnelbau (581).

Das Heben und Bergen verunglückter Schiffe 584

Hebung eines Baggers (585). — Heben des Dampfers „Lady Cathrine“ (589).

Schiffbau.

Von Marine-Oberbaurat Tjard Schwarz.

Geschichtliche und technische Entwickelung. Seite

Schiffe des Altertums (593). — Schiffbau im Mittelalter und in der neueren Zeit (594). — Bau und Armierung der Kriegsschiffe im 16. u. 17. Jahrhundert (599). — Kriegsschiffbau im 17. u. 18. Jahrhundert (601). — Das erste Dampfschiff (603). — Einführung der Schiffsschraube (605). — Entwickelung der Dampfschiffahrt (607). — Eiserne Schiffe (608). — Der „Great Eastern" (611). — Entwickelung der Schiffsmaschine (613). — Schnelldampfer (615). — Die ersten Panzerschiffe (621). — Schiffspanzer und Schiffsgeschütze (622). — Einteilung der Kriegsschiffe (627).

Grundlagen des Schiffbaues.

Das Deplacement der Schiffe (629). — Stabilität (631). — Schwingungen des Schiffes im ruhigen Wasser und auf See (635). — Besegelung und Ruder (637). — Schiffswiderstand und Maschinenkraft (645).

Praktischer Schiffbau.

Holzschiffbau 650

Der Kiel (651). — Die Spanten (653). — Außenhautbeplankung (655). — Vollendung des Rumpfes (657). — Einsetzen der Masten (659). — Stehendes und laufendes Tauwerk (661). — Anker und Boote (663). — Kompositbau (665).

Eisen- bezw. Stahlschiffbau 665

Baumaterial (667). — Kiel und Spanten (673). — Quer- und Längsspantensystem (675). — Außenhaut und Decks (677). — Wasserdichte Schotte (679). — Vorder- und Hintersteven (681). — Stapellauf (683). — Hilfsmaschinen (684).

Schiffsmaschinenbau.

Einleitung (692). — Entwickelung der Schiffsmaschinen (693). — Schiffskessel (695). — Die verschiedenen Systeme der Schiffsmaschinen (699). — Die verschiedenen Teile der Schiffsmaschinen (703). — Propeller (705). — Schaufelrad. Schiffsschraube (707).

Marine-Artillerie.

Entwickelung der Schiffsgeschütze (709). — Gezogene Geschütze (711). — Rohrkonstruktion der Geschütze (713). — Verschluß der Geschütze (715). — Lafettenkonstruktion (717). — Schnellfeuerkanonen (721). — Munition und Geschosse (723).

Schiffspanzer.

Entwickelung der Schiffspanzer (725). — Compoundplatten. Nickelstahlplatten (727). — Leistungsfähigkeit der Panzerplatten (728).

Torpedowesen.

Seeminen (733). — Automobile Torpedos (737). — Torpedoboote (741). — Torpedobootzerstörer. Unterwasserboote (743).

Sachregister 745

Beilagen.

Zu Seite

Lageplan der Londoner Eisenbahnlinien 86
Die Jungfraubahn 100
Die Linienentwickelung der Gotthardbahn durch Schleifen und Schlingen . . . 123
Züge der Liverpool-Manchester Eisenbahn in der Zeit von 1830—1835 . . . 236
Signalbilder für die Eisenbahnen des Deutschen Reiches 280
Die Forthbrücke im Bau 394
Zulage des großen Bogens der Kaiser Wilhelm-Brücke bei Müngsten in der Werkstätte der Maschinenbau-Akt.-Ges. Nürnberg zu Gustavsburg 400
Der Reichskriegshafen und die Kaiserliche Werft in Kiel 520
New York aus der Vogelschau 546
Tunnelbau nach der pneumatischen Arbeitsmethode 561
Konstruktionsrisse verschiedener Schiffstypen 632
Seitenansicht eines hölzernen, alle Segel führenden Vollschiffs 660
Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm der Große“ 686
Deutsches Linienschiff „Kaiser Friedrich III.“ (nicht „Wilhelm der Große“) . . . 692

Digitized by Google

Der Weltverkehr und seine Mittel.

I.

Einleitung.

Die geschichtliche Entwickelung des Verkehrswesens.

Macaulay, der berühmte englische Geschichtsforscher, hat mit Recht die Ansicht ausgesprochen, daß von allen Erfindungen, Buchstabenschrift und Druckerpresse allein ausgenommen, diejenigen, welche eine Abkürzung der Entfernungen herbeiführten, am meisten zu einer Förderung der Zivilisation beigetragen haben und noch beitragen.

Jede Verbesserung der Verkehrsmittel ist in der That für die Menschheit ebensowohl ein intellektueller und moralischer, wie ein materieller Vorteil und erleichtert nicht nur den Austausch der verschiedenen Natur- und Kunsterzeugnisse, sondern trägt gleicherweise dazu bei, nationale und provinziale Gegensätze zu beseitigen oder doch wenigstens auszugleichen, und bringt somit alle Zweige der großen Menschenfamilie einander näher. Dem Verkehrswesen ist sonach eine hochbedeutsame Rolle in der Entwickelungsgeschichte der Menschheit zuzuerkennen, und es ist als ein Hauptelement in der Gestaltung des jeweiligen Kulturzustandes zu betrachten, wie denn auch stets sowohl das Blühen und Gedeihen der Völker, als deren Verfall auf das engste mit dem Entstehen und Vergehen des Verkehrs verknüpft war.

Solange die Erde noch nicht in der jetzigen Ausdehnung dem Handel und dem gegenseitigen Verkehr erschlossen war, zeigten die Verkehrsrouten naturgemäß eine gebundenere Form. Durch die Vermittelung zwischen denjenigen Länderkomplexen, welche an den beiden jeweiligen entgegengesetzten Enden der bekannten Welt lagen, entstand der Welthandel, welcher zu verschiedenen Zeiten ein verschiedenes Gepräge besaß. Die Verkehrswege, auf welchen sich der Welthandel bewegt, bilden die Welthandelsstraßen. Für die Geschichte des Verkehrs ist eine Geschichte dieser Welthandelsstraßen von besonderer Bedeutung. Den berührten Ländern wird durch den Weltverkehr ein großer Vorzug zu teil, indem auch der provinzielle und lokale Handel eines solchen Landes eine sehr günstige Beeinflussung erfährt. Diese großen Vorteile lassen die Bemühungen der verschiedenen Völker, an diesem wertvollen Gute einen gewissen Anteil zu erlangen, nur zu erklärlich erscheinen. Die Gestaltung der Verhältnisse, durch welche einer Handelsstraße ihre Bedeutung entzogen wird, liegt außerhalb der Macht der Menschen, und keine Nation vermag auf die Dauer gegen etwaige Veränderungen anzukämpfen. Wenn auch bei dem Niedergange Venedigs die eigene Schuld nicht ganz ausgeschlossen war, so muß doch dieses Ereignis in der Hauptsache als eine unabweisbare Folge der Entdeckungen eines Kolumbus und eines Vasco de Gama angesehen werden.

Im Altertum war die Richtung der Welthandelsstraße von Ost nach West gerichtet, die Phönizier wiesen durch die Erschließung Europas dem Welthandel seine Bahn an. Durch die Thätigkeit der Griechen und Römer trat allmählich an die Stelle dieser einen Welthandelsstraße ein Straßennetz, das mit der fortschreitenden Handelsentwickelung und der immer weiter ausgedehnten Erschließung der Erde eine immer größere Ausbreitung und dabei ein immer dichteres Maschenwerk erhalten hat.

Welchen gewaltigen Einfluß das Verkehrswesen ausübt, führt uns namentlich unsere Zeit, die in der That im Zeichen desselben steht, in besonders anschaulicher Weise vor Augen. Gleichsam über Nacht haben die Verhältnisse der Menschen durch die Erfindung und Einführung der Eisenbahnen eine Umwandlung erfahren. Dieser Einfluß ist auch in geistiger Beziehung ein so mächtiger und weittragender, daß man mit Recht die Behauptung aufstellen konnte, ein Watt, der Erfinder der Dampfmaschine in ihrer heutigen Gestalt, und ein Stephenson, der Erbauer der ersten leistungsfähigen Lokomotive, haben einen ebenso großen Einfluß auf die geistigen Anschauungen der Menschen ausgeübt als ein Luther und Voltaire.

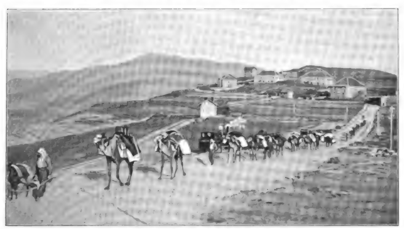
Erfreuliche Bilder sind es in der Mehrzahl, die an unseren Augen vorüberziehen, wenn wir die Entwickelung des Verkehrswesens betrachten. Der ungeheuer große Unterschied zwischen dem beladenen, auf schlechten Wegen dahinkeuchenden Menschen und dem mit rasender Geschwindigkeit dahineilenden, mit allem erdenklichen Komfort ausgestatteten Eilzug ist das Resultat einer zwar Jahrtausende langen Arbeit, aber trotz dieses langen, für die Ausbildung erforderlich gewesenen Zeitraumes ist dieser Unterschied ein so gewaltiger, daß er vollauf geeignet ist, unsere Genugthuung über die erzielten Erfolge hervorzurufen. In diesem Umwandlungsprozeß spielten einzelne Erfindungen, welche zu den glänzendsten des menschlichen Scharfsinnes gehören, eine hervorragende Rolle, so der Wagen, das Schiff und vor allem, wie bereits ausgesprochen, die Eisenbahnen.

Den Ausgangspunkt des Verkehrswesens bildete die Ortsveränderung des Menschen. Dieselbe erlangte für die Verkehrsentwickelung jedoch erst mit dem Augenblicke Bedeutung, als sie von einer Ansiedelung zur anderen stattfand und mit ihr ein Austausch von Naturprodukten oder Erzeugnissen der menschlichen Thätigkeit verbunden war. Dem Handel kommt für die erste Ausbildung des Verkehrs eine ganz hervorragende Bedeutung zu, wie dieser Einfluß wohl für alle Zeiten der wirksamste bleiben wird. Wir brauchen uns in dieser Beziehung nur daran zu erinnern, daß selbst in unserer Zeit mit ihrem gegen früher geradezu enormen Personenverkehr dennoch dieser gegen den Frachtverkehr weit zurücksteht, und daß der letztere es ist, der in den weitaus meisten Fällen sowohl für die Verbindungen zu Lande wie zu Wasser von ausschlaggebender Bedeutung ist. Durch seine Ergiebigkeit hat er zu einem nicht geringen Teile den ausgebildeten Personentransport erst ermöglicht. Neben dem Handel waren von früher Zeit an einige andere Momente, besonders der Krieg, wirksam, daß Verbindungen zwischen den verschiedenen Teilen der Erde hergestellt wurden. Das Erfordernis, die Armeen leicht von einem Ende des römischen Weltreiches nach dem anderen schaffen zu können, trug nicht am wenigsten dazu bei, jenes ausgedehnte Straßennetz entstehen zu lassen, das heute noch in seinen Überresten unsere Bewunderung erregt. Das Streben nach möglichst großer Kriegsbereitschaft ist auch in unseren Tagen noch auf die Entstehung ausgedehnter Verbindungen, besonders auf die Schaffung von Schienenwegen, von Einfluß.

Selbstgetretene Pfade, welche Flußläufen und Thalbildungen folgten und welche ohne eigentlichen Arbeitsaufwand durch das fortwährende Betreten während mehrerer Generationen entstanden waren, bildeten die ersten Wege. Es verstrich zweifellos ein sehr langer Zeitraum, ehe durch die Thätigkeit der Menschen diese Wege eine weitergehende Ausbildung erfuhren. Auf diese Ausbildung hat die Entwickelung der Transportmittel einen sehr großen Einfluß ausgeübt. In den ersten Anfängen der Kultur war der Mensch sein eigenes Lasttier und spielte die Muskelkraft der Menschen bei der Transportvermittelung eine große Rolle. Auch heute finden wir diese primitive Art der Güterbewegung noch vielfach, namentlich im Orient wird der Lastträger noch lange nicht verschwinden, wie derselbe auch im Gütertransport Chinas und Mittelafrikas vorläufig noch nicht verdrängt werden wird. Der Neger trägt auf seinem Kopfe oder Rücken bedeutende Lasten mit größter Leichtigkeit. In Amerika wurden vor der Entdeckung durch die Europäer fast alle Lasten durch Träger befördert, in Südamerika ist in den Anden auch heute noch der Lastträger, der Carguero, eine häufige Erscheinung.

Frühzeitig wußte sich der Mensch jedoch einzelne Tiere für den Transport zu nutze zu machen, so das Kamel, das Pferd, den Ochsen, den Esel, den Hund, den Elefanten,

das Lama, das Renntier. Die Leistungsfähigkeit dieser verschiedenen Tiere ist eine sehr ungleiche. So ziehen sechs bis acht Hunde, die neben den Renntieren im Norden vorzugsweise zum Ziehen benutzt werden, einen mit 600 bis 800 Pfund beladenen Schlitten in einem Tage sechs bis acht Meilen weit. Am Jenissei werden im Sommer die Hunde auch zum Ziehen der Flußfahrzeuge verwendet. Das in Südamerika namentlich unter den Inkas in Peru in großer Zahl benutzte Lama vermag 100 bis 120 Pfund etwa drei Meilen weit zu tragen. Das Rind ist seit den ältesten Zeiten bei einer Anzahl Völker als Lasttier benutzt worden und stand vielfach in hohen Ehren. Im Orient benutzt man den Ochsen als Zugtier und das Pferd ausschließlich als Reittier. Die weiten Grasebenen Südamerikas, die Pampas und Llanos, werden auch jetzt noch fast nur von Ochsenkarawanen durchzogen. Die Benutzung des Elefanten als Lasttier war und ist eine beschränkte. Der Elefant kann in einer Stunde Zeit etwa anderthalb Wegstunden zurücklegen, hintereinander jedoch höchstens etwa drei deutsche Meilen. Im Vordergrunde stehen das Pferd, das Maultier und das Kamel. Das letztere hat insbesondere in dem



1. Kleine Karawane auf der Straße von Beirut nach Damaskus.

Transportwesen des Altertums eine große Rolle gespielt, und auch heute noch kommt ihm für manche Gegenden eine sehr große Bedeutung zu. Die Benutzung der verschiedenen Lasttiere ist von mancherlei Umständen abhängig. Ganz allgemein läßt sich sagen, daß zwischen dem Transportmittel und der geographischen Beschaffenheit eines Landes ein sehr inniger Zusammenhang besteht. Das Kamel gehört gleichsam zum Bilde der Wüste, das Maultier zu jenem, das uns diejenigen Gegenden bieten, in welchen sich der Verkehr vorzugsweise auf Saumwegen abspielt.

Auf den getretenen Pfaden zogen während Jahrtausenden die wohl bis zu 2000 und gar 3000 Kamelen zählenden Karawanen dahin und vermittelten einen hochbedeutsamen Handel. Der Karawanenhandel blieb während des ganzen Altertums die hauptsächlichste und verbreitetste Transportweise. In einzelnen Teilen der Erde spielt der Karawanenhandel auch heute noch eine große Rolle, wie diese Verkehrsart beispielsweise für Afrika noch lange, vielleicht immer üblich bleiben wird. Die Ausgangspunkte der nordafrikanischen Karawanenwege sind Sokoto in Haussa und Kano im Fellatagebiet, sowie Kukaua in Bornu, Wara in Wadai, Kobbe in Dar Fur, El Obeid in Kordofan. Nicht wenige dieser Karawanenstraßen sind uralt und dienen bis heute diesem Zweck.

Aber auch dem Karawanenhandel ist in dem modernen Verkehrsvermittler, in der Eisenbahn ein gefährlicher Konkurrent erwachsen. Das eiserne Roß vermag anscheinend

Digitized by Google

alle Hindernisse zu überwinden. Auf der uralten Handelsstraße von der Meeresküste nach der heiligen Stadt Damaskus, diesem bereits in dem hohen Altertum berühmten Stapelplatz der kostbarsten und kunstvollsten orientalischen Waren, vor dessen Thoren sich die Kämpfe der Kreuzfahrer abspielten und in dessen Mauern sich alljährlich die heilige Karawane versammelt, die den Teppich des Sultans empfängt und mit ihm hinaus durch die Wüste nach Mekka, zum Grabe des Propheten zieht, sehen wir heute die beiden Extreme des Warentransports, die Karawanenbeförderung und die Fortschaffung der Frachtzüge mit Hilfe des Dampfrosses, unmittelbar nebeneinander in Thätigkeit, in der That ein wunderbares Bild. Da die Karawanenwege auf weite Strecken durch unangebaute, zum Teil überhaupt nicht anbaufähige Landstriche führen, so war eine bestimmte Route geboten, konnte doch nur auf diesen durch Brunnen für das absolut erforderliche Wasser Sorge getragen werden. Die große Bedeutung und Wichtigkeit dieser Brunnen für die Erhaltung des Lebens der Menschen und Tiere erklärt die hervorragende Rolle, welche diese Anlagen im Morgenlande spielen.

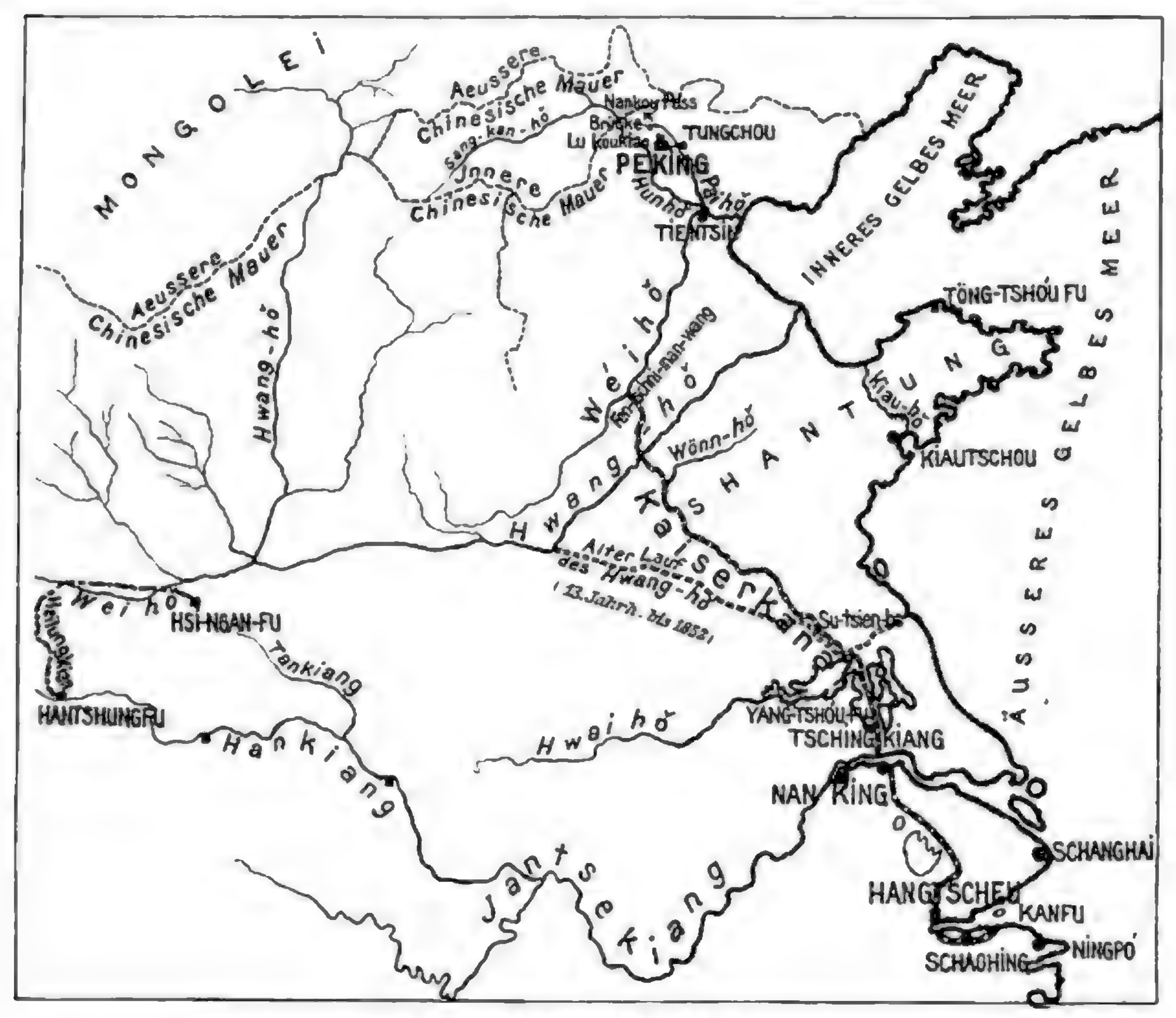
Am nächsten an Bedeutung gleich kam dem Karawanenhandel der Schifftransport. Der letztere war jedoch zunächst ganz und gar an die natürlichen Voraussetzungen, nämlich an das Vorhandensein schiffbarer Flüsse, Seen oder des Meeres gebunden. Künstliche Wasserstraßen wurden erst im Laufe einer weit vorgeschrittenen Kultur geschaffen. In den Wasserläufen hat die Natur, soweit sie für Verkehrszwecke benutzbar sind, den Menschen ein außerordentlich bequemes und vorteilhaftes Verkehrsmittel gegeben. Frühzeitig haben die Menschen es verstanden, dieses Mittel ihren Zwecken dienstbar zu machen, und zwar geschah dieses unabhängig voneinander an verschiedenen Stellen der Erde. Vor Eröffnung der großen Seewege suchten die Haupthandelsstraßen stets die Flußthäler auf, und die größeren Ansiedelungen der Menschen standen in der Regel in unmittelbarem Zusammenhang mit der Flußschiffahrt, beziehungsweise mit der Flößerei. Auf den Flüssen wurden und werden die Produkte des ackerbautreibenden Binnenlandes oder die Erzeugnisse der Industrie und der Gewerbe dem Meere zugeführt, um auf diesem die Reise in fremde Erdteile anzutreten, und umgekehrt gehen die mit den Seeschiffen in den Hafenstädten angelangten Waren zu einem großen Teil auf den Strömen aufwärts in das Binnenland. Seitdem die Eisenbahnen existieren, hat sich zwischen diesen und der Schiffahrt ein heißer Kampf entsponnen, den die frühere Zeit nicht kannte, wo der Lastwagen hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit weit hinter dem Schiffsfahrzeug zurückstand. Da die antiken Schiffe im allgemeinen eine bescheidene Größe besaßen, so waren noch Flußläufe von sehr geringen Abmessungen benutzbar und zwar selbst für Seeschiffe. Die Kleinheit der Schiffe gestattete auch die ersten künstlichen Wasserwege, die Kanäle, welche zunächst jedenfalls zum Zwecke der Landbewässerung geschaffen sein dürften, in sehr bescheidenen Abmessungen herzustellen.

Als Transportmittel diente zunächst das Floß, dann der Kahn und endlich das Schiff. Die Erfindung des Schiffs darf gewiß nicht einem Volke zugeschrieben, vielmehr muß angenommen werden, daß diese Erfindung unabhängig in verschiedenen Teilen der Erde gemacht wurde. Der im Wasser schwimmende Baumstamm kann als der Ausgangspunkt des Schiffbaues betrachtet werden. Durch eine einfache Verbindung mehrerer Stämme entstand das Floß. In China werden die Flöße von starkem Bambus erbaut und dienen ganzen Dörfern als Unterbau. Auf dem Nil benutzt man seit undenklichen Zeiten sogenannte Topfflöße, die aus Töpfen zusammengesetzt und mit leichten Brettern belegt sind. Auf dem Euphrat und auf den indischen Strömen finden seit dem frühesten Altertum bis zum heutigen Tage aufgeblasene Lederschläuche bei der Herrichtung der Flöße Verwendung, in manchen Gegenden Afrikas dienen Kürbisse dem gleichen Zweck. Hinsichtlich der weiteren Entwickelung der Schiffsfahrzeuge, von dem „Einbaum“, wie er sich in den Überresten der Pfahldörfer und in dem moorigen Untergrund der Elb- und Weserniederungen findet, bis zu den modernen Riesenschnelldampfern wird auf eine andere Stelle des Werks verwiesen.

Die Schöpfung künstlicher Landwege muß als ein hochbedeutsames Ereignis bezeichnet werden, über dessen genauen Zeitpunkt jedoch undurchdringliches Dunkel liegt. Die

Gestaltung des Weges war und ist abhängig von dem auf demselben benutzten Transportmittel. Solange der Mensch sein eigenes Lasttier ist, genügen schmale Pfade, wie wir sie heute zu diesem Zwecke in Afrika noch zahlreich in Benutzung finden. Die Ausnutzung der Tiere zum Tragen und nach Erfindung geeigneter Vorrichtungen zum Ziehen der Lasten, als deren älteste die **Schleifen** und **Schlitten** (siehe Abb. 41 Band VIII) zu nennen sind, hatte nach und nach eine weitergehende Ausbildung des Landweges im Gefolge.

Zu den ältesten Transportvorrichtungen gehörten neben den Schlitten und Schleifen, auf welch letzteren die alten Völker manche ihrer großen Bildsäulen transportierten, die rohgezimmerten zweirädrigen **Karren** mit Scheibenrädern und ohne eiserne Radreifen.



2. Der Kaiserkanal in China.

Die Römer benutzten zum Landtransport neben dem Maultiere, welchem die Waren aufgeladen wurden, Wagen mit einem, zwei oder vier Rädern. Zum Personentransport dienten Sänften und Tragbetten, auf welchen man ausgestreckt lag, eine Beförderungsweise, die sich auch bei den Chinesen und zahlreichen anderen Völkern findet und noch heute im Gebrauch ist. Die zum Fortschaffen schwerer Lasten dienenden Wagen der Römer hießen carrus und plaustrum. Der carrus bestand aus einer Holzplatte, die auf einer fest in Scheibenrädern steckenden und mit diesen sich drehenden Achse ruhte. Das plaustrum war diesem Wagen ähnlich, jedoch auf höheren Speichenrädern gebaut.

Die ältesten Kulturländer **Babylonien** und **Ägypten** sind erklärlicherweise auch die ersten Länder, von welchen über Wegeanlagen berichtet wird. Da sich in Ägypten jedoch der Hauptverkehr fast ausschließlich auf dem Wasser, dem Nil, abspielte, so nahm hier die Herstellung von Landstraßen keinen großen Umfang an. Der ausgedehnte Handel Mesopotamiens nach Westen und Osten, der durch die hochentwickelte Industrie Babylons und

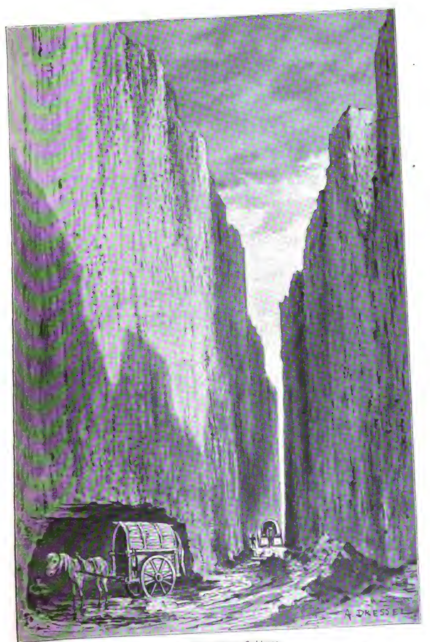
Ninives eine starke Förderung erfuhr, bedingte das Entstehen einer großen Anzahl Verkehrswege, über deren Konstruktion jedoch bis jetzt nichts bekannt ist. Es dürfte sicher sein, daß ihre Beschaffenheit durchgängig eine sehr einfache war. Babylon und Ninive waren Knotenpunkte von Straßen, welche sich durch ganz Westasien, östlich bis Indien und Westchina, südlich bis in das Land der Sabäer erstreckten.

Im Osten Asiens, in China, entwickelte sich gleichfalls früh ein reges Verkehrsleben, dem die Ströme des Landes, künstliche Wege und Kanäle dienstbar gemacht wurden. Auf dem ältesten Teil des Kaiserkanals wurden bereits im Altertum Reis und andere Produkte transportiert, die als Tribut abzuliefern waren. Alle 12 Jahre hatten der Kaiser und die Vasallenfürsten Visitationsreisen auszuführen, die auf weite Strecken zu Wagen zurückgelegt wurden und als ein Beweis anzusehen sind, daß die Straßen eine gute Beschaffenheit besaßen. Bei Reisen aus allen Provinzen nach der Hauptstadt konnten Wagen benutzt werden. Die Wege waren geebnet und mit Bäumen bepflanzt. Dieselben waren zum Teil so breit, daß man vierspännig fahren und in eilendem Fluge mit Jagdwagen über sie hinwegrollen konnte. Die geologische Beschaffenheit weiter Flächen des chinesischen Riesenreiches gestaltet die Schaffung der Wege zu einer höchst eigentümlichen Aufgabe. Der Löß, eine Bodenart, die sich in Deutschland am Rhein findet, führt infolge von Auswaschungen zu tief eingeschnittenen Hohlwegen, in denen der Weg steil hinunter führt, um nach einiger Zeit wieder an die Oberfläche hinaufzusteigen. Die Lößwände erheben sich an diesen Wegen senkrecht zu großer Höhe, wie dieses die Abb. 3 zeigt. Die bekannte älteste und berühmteste chinesische Kunststraße ist die Straße über den Tsin-ling-schan in der Provinz Shensi. Diese Heerstraße wurde aller Wahrscheinlichkeit nach im dritten Jahrhundert v. Chr. erbaut, und nach dem Ausspruche des Tirolers Martini, der die Straße um die Mitte des 17. Jahrhunderts gewandelt ist, stellte dieses Werk alles Ähnliche auf der Welt in den Schatten. Wenn auch diese Behauptung eine Übertreibung enthält, so ist doch immerhin dieser Heerweg nach dem Urteile des bekannten Geographen von Richthofen eine sehr beachtenswerte Leistung der Straßenbautechnik.

In Indien ließen Religion und Sitte frühzeitig Landstraßen entstehen und war es besonders der König Açoka (300 v. Chr.), der sich außerordentlich verdient um die Schaffung von Wegen machte. Derselbe ließ die Wege mit Karawanseraien, Brunnen und Meilenzeigern versehen. Zwecks Schaffung dieser Wege wurden Bäume entfernt, der Boden geebnet, Felsen durchbrochen, Brücken erbaut und zum Abzug des Wassers Kanäle gegraben.

Schon für diese frühe Zeit läßt sich erkennen, wie der Welthandel die günstigsten Routen unter Ausnutzung der jeweilig zur Verfügung stehenden Transportmittel aufsuchte. Zu allen Zeiten lag es außerhalb der Macht der Menschen, dem Welthandel seine Bahn vorzuschreiben, vielmehr ist es diesem stets nur möglich gewesen, durch die Vervollkommnung der Verkehrsmittel und durch die Beseitigung von Verkehrshindernissen, wie beispielsweise durch die Durchstechung von Landengen auf die Richtung des Welthandels dauernd einzuwirken. Während man früher glaubte, den Untergang des im Süden Arabiens belegenen Sabäerreiches dem Bruch des berühmten Dammes von Marib zuschreiben zu müssen, durch welches Ereignis die blühenden Fruchtgärten zerstört worden seien, neigt man sich heute der Ansicht zu, daß dieser Untergang die Folge eines langsam fortschleichenden Übels, nämlich der Verschiebung einer Welthandelsstraße gewesen ist. Solange die Schiffahrt noch nicht in weitergehendem Maße ausgebildet war, hatten die Sabäer allein den Karawanenhandel vom südlichen und östlichen Arabien bis nach Ägypten, Syrien und den Euphratländern in Händen gehabt und waren die Vermittler des indischen und afrikanischen Handels gewesen. Mit der sich vervollkommnenden Schiffahrt wurden die Handelsstraßen langsam aber sicher aus dem Binnenlande abgelenkt, wodurch die nördlichen Provinzen des Sabäerreiches immer mehr an Bedeutung verloren.

Der von den Herrschern Babyloniens geschaffenen Verbindung mit dem Westen ist die Verpflanzung der babylonischen Kultur nach Europa zu verdanken. Die Phönizier waren die Vermittler und Verbreiter der vorderasiatischen Kultur, die gleichsam eine Verschmelzung der babylonisch-assyrischen und der ägyptischen Kultur darstellte. Neben dem Lande wurde das Meer fortan in ausgedehntem Maße dem Verkehrswesen dienstbar



3. Chinesischer Hohlweg.

IX 2

Digitized by Google

gemacht. Zwar gab es bereits um die Mitte des vierten Jahrtausends v. Chr. auf dem Persischen Meerbusen Schiffahrt, auch ist von den Ägyptern bekannt, daß sie schon um das Jahr 2300 Puntfahrten (nach Arabien) ausführten, aber erst dem unternehmenden Geiste der Phönizier blieb es vorbehalten, die Seeschiffahrt zu höherer Entwickelung zu bringen. Die Phönizier überwanden die Scheu vor der Unermeßlichkeit des Ozeans, und mächtige Flotten liefen aus ihren berühmten Hafenstädten, aus Sidon, Tyrus, Byblus, Aradus aus und brachten die Industrieerzeugnisse dieses Volkes sowie fremde Waren nach den Ländern des Mittelmeeres, so das Gebiet des Welthandels mächtig erweiternd. In den zahlreichen Kolonien fand der Handel feste, immer mehr aufblühende Stützpunkte, unter denen sich Karthago besonders hervorhob. Wenn auch in alten Zeiten verschiedene der an den bedeutenden Karawanenwegen belegenen Städte, wie Damaskus, Palmyra, die eigenartige und bewunderungswerte im Norden der Halbinsel Sinai liegende Felsenstadt Petra und andere, sich als Handelszentren zu großer Bedeutung erhoben und auch im Mittelalter eine Anzahl im Binnenlande belegener Städte sich eines hohen Ansehens erfreuten, so kann dennoch die Thatsache nicht bestritten werden, daß sich die an schiffbaren Flüssen oder unmittelbar an der See liegenden Städte am leichtesten zu ihrer großen Handelsbedeutung für den Weltverkehr erhoben und sich auf ihrer Höhe dauernder zu erhalten vermochten.

Wie in vielen anderen Dingen, so ahmten die Griechen auch auf dem Handelsgebiete ihre Lehrmeister, die Phönizier, nach. Sie waren mit allen Kräften bemüht, sich von den Phöniziern im Handel unabhängig zu machen. Die kühnen griechischen Handelsleute drangen nach dem Osten vor, um die aus dem Inneren Asiens kommenden Karawanen sowohl an den Gestaden des Schwarzen Meeres als an der ägyptischen Küste abzufangen. Durch die Schaffung fester Handelsstationen ermöglichten sie einen direkten Umschlag der durch die Karawanen zugeführten Waren und entzogen diese dem phönizischen Zwischenmarkte. In Tanais, Olbia und Odessus nahmen sie die Waren der in das Skythenland ziehenden asiatischen Karawanen entgegen. Phanagoria, Theodosia und Trapezunt, Sinope und Heraclea auf der Südseite des Schwarzen Meeres waren bedeutende Handelsetappen. An dem afrikanischen Gestade waren die Faktoreien in Kyrene (mit dem Emporium Apollonia) und an der Nilmündung bestimmt, für die Karawanen einen Mündungsmarkt zu bilden. Zwischen dem Norden und Süden stellten die Inselwelt des Ägäischen Meeres und die Küsten Kleinasiens die Verbindung her. Hier erwuchs eine große Zahl von Städten, deren Namen ein außerordentlicher Glanz anhaftet, Ephesos, Samos, Rhodos, Knidos wurden angesehene Stätten des Handels und der Kunst. Große Binnenmärkte waren die Ausgangspunkte der Karawanen, die durch ihre Waren die auswärtigen griechischen Handelsstädte belebten. In Kolchis am Schwarzen Meere erreichte der Warenzug, der von Pattala, an der Indusmündung, seinen Ausgang nahm, sein Ende. Hier sammelten sich die Waren vom Ganges und von Hinterindien an. Die Waren wurden den Indus und Kabul aufwärts gebracht. Durch den Kabulpaß stiegen die Warenzüge in das Flachland der Bucharei hinab, wo sie mit den mongolischen Karawanen aus dem Chinesenlande zusammentrafen. Auf den Märkten von Sogdiana und Baktrien vereinigten sich somit die Warenzüge von Indien und China. Zu jener Zeit floß der Amu noch in dem heute verlassenen Bett in das Kaspische Meer und stellte eine Verbindung zwischen diesem und dem Aralsee her. Auf dem Kur und dann zu Lande über die Wasserscheide von Tiflis gelangten die Waren an das Schwarze Meer. Während in früheren Jahrhunderten Tharschisch, das Land, aus welchem die phönizischen Flotten die Schätze des Abendlandes holten, der Inbegriff des Reichtums war, erlangte jetzt Kolchis am Schwarzen Meer die gleiche Bedeutung, von dem die ersten Kolchisfahrer das „Goldene Vließ" aus dem Orient heimbrachten. — Außer den bereits genannten Kolonien gründeten die Griechen auch auf Sizilien (Syrakus), in Süditalien, in Südfrankreich und in Spanien Niederlassungen, Orte, die in regem Handelsverkehr mit dem Mutterlande blieben.

Die alten Bewohner Italiens, die Etrusker, waren gleich den Griechen ein kräftiges Seevolk, das auch die Kunst des Wegebaues ausübte und so für die Erleichterung von Handel und Verkehr Sorge trug.

Wenngleich das Volk der **Römer** weder eine große Neigung für die Seeschiffahrt noch im allgemeinen für den Handel an den Tag legte, so war es doch berufen, für den Landverkehr die bedeutendsten Schöpfungen hervorzubringen, welche das Altertum auf diesem Gebiete überhaupt zu verzeichnen hat. In einem späteren Abschnitte wird bei den Einzelheiten des gewaltigen römischen Straßennetzes etwas eingehender zu verweilen sein, hier genüge es hervorzuheben, daß die römischen Heerstraßen zur Zeit des Kaiserreichs, nur durch das Meer unterbrochen, sich vom Piktenwall in Britannien bis nach Hierasycaminos in Ägypten (unter dem Wendekreis des Krebses belegen) in einer Gesamtausdehnung von über 75 000 km und von den Säulen des Herkules bis an den Euphrat erstreckten. In Anlehnung an das von den Persern gegebene Vorbild schufen die Römer im Anfange des Kaisertums eine einheitliche Staatspost, den cursus publicus. Diese Verkehrseinrichtung diente zwar ausschließlich den Interessen des Staates, dennoch war sie für das allgemeine Verkehrswesen nicht ohne Bedeutung. Sie zeigte, welche Bewegungsleistungen bei guten Vorkehrungen möglich waren, und sie trug somit zu der gesamten Entwickelung des Verkehrs bei. War auch bei der Schaffung der gleichsam für die Ewigkeit bestimmten römischen Heerstraßen das militärische Interesse ausschlaggebend, so wurden doch diese Straßen in ähnlicher Weise, wie solches für die heiligen Straßen Griechenlands zutrifft, dem Handel dienstbar gemacht, und erwiesen sich für diesen von großem Werte. Der Handel erlitt nur durch die Zollschranken der einzelnen Provinzen eine Hemmung, im großen und ganzen konnte er sich unbelästigt über eine ungeheuer große Fläche ausdehnen. Reges Leben herrschte auf den Heerstraßen. Zu Fuß, meistens jedoch zu Pferde oder im Wagen zogen die Reisenden dahin, begleitet von einer mehr oder minder großen Schar von Sklaven. Kostbare, mit Gold, Silber und Seide geschmückte Wagen nahmen die vornehmen Reisenden auf.

Die Reisen zu Roß wurden bis zum 4. Jahrhundert auf ungesatteltem Pferde zurückgelegt, und hierauf ist es zurückzuführen, daß an den Straßen entlang Steine aufgestellt waren, mit deren Benutzung das Pferd bestiegen werden konnte. Sowohl Männer wie Frauen reisten zu Pferde, wobei die letzteren ebenfalls rittlings saßen. (Erst Anna von Luxemburg, die Tochter Kaiser Wenzels und Gemahlin Richards II. von England, führte aus Anstandsgründen um das Jahr 1380 die gegenwärtige Sitzweise der Damen zu Pferde ein.)

Benutzten die Frauen keine Reittiere, so ließen sie sich in der Sänfte tragen. Das Reiten blieb jedoch während des ganzen Mittelalters die am meisten übliche Reiseweise. Bis zum 15. Jahrhundert, und namentlich nachdem die Straßen verbessert worden waren, reisten der Kaiser, Fürsten, Adlige und Ritter zu Pferde. In der goldenen Bulle ist sogar bestimmt, daß die Kurfürsten sich bei ihren Reisen zu den Reichstagen, Kaiserkrönungen und ähnlichen Anlässen der Pferde bedienen sollten.

Wenn es auch ein Irrtum wäre, zu glauben, daß durch die Römer erst manche Länder, wie beispielsweise Deutschland, dem Verkehrsleben erschlossen worden sind, so hat dieses Volk doch außerordentlich viel zur Hebung des Handels und des Verkehrs in den verschiedensten Teilen der Erde beigetragen. So hat zwar auch schon in Deutschland vor dem Eindringen der Römer auf den ältesten Handelsstraßen des mittelrheinischen Gebiets, auf dem Rhein und dem Main, ein reges Leben geherrscht, die Intensität dieses Verkehrs erfuhr jedoch durch das Erscheinen der römischen Legionen eine weitere Steigerung. Bis zur Zeit Cäsars blieb immerhin der Verkehr zwischen Italien und den Ländern jenseits der Alpen ein sehr geringer. Dem in sehr früher Zeit betriebenen Handel der griechischen Händler mit den Kelten dürfte eine Straßenverbindung durch den Jura- und Vogesenpaß nach der Rhône gedient haben. Der Ausgangspunkt war hier Massilia, das jetzige Marseille. Durch die Schaffung eines leistungsfähigeren Weges über den St. Bernhard nahm der gegenseitige Warenaustausch zwischen Italien und Deutschland sehr zu. Die Handelsgegenstände, welche über die allmählich in immer größerer Zahl dem Verkehre dienstbar gemachten Alpenpässe ihren Weg nahmen, waren: Sklaven, Pelzwerk, Tuch, Vieh, Felle, Käse, Wachs und Honig. Das Tannenholz der Gebirge wurde zum Schiffbau nach Rom geschafft. Auch Harz und Pech, sowie Rheinfische bildeten ergiebige Handels-

artikel. Von Italien wurden Öl, Weine, feine Geräte und zahlreiche andere Erzeugnisse einer gesteigerten Kultur nach Deutschland ausgeführt.

Fassen wir, bevor wir uns dem Mittelalter zuwenden, kurz die in dem Verkehrswesen im Altertum erreichte Entwickelung zusammen, so muß betont werden, daß in mancher Hinsicht erst in unserem Jahrhundert wieder die gleiche Leistungsfähigkeit erreicht worden ist. Mit dem vorderasiatischen Auslande, mit Südarabien und Vorderindien stand Europa im direkten Verkehr. In Europa war Germanien dem Zustande der Barbarei entrissen, und bedeutende Handelszentren waren in diesem Lande entstanden, die auch im Mittelalter ihre Bedeutung behielten. Statt des Warenaustausches fand in den germanischen Ländern die Geldbezahlung Eingang. Außerordentlich fördernd erwies sich für den Handel der Umstand, daß in dem großen römischen Weltreich es verhältnismäßig wenig Schranken gab, wie denn auch die einheitliche Reichsmünze die Möglichkeit einer raschen und reellen Geschäftsabwickelung ermöglichte.

Da auch in Amerika in einzelnen Teilen, wie in Mexiko und Peru, bereits künstliche Wege in diesem Zeitpunkte existiert haben dürften, so war ein sehr großer Teil unserer Erde dem Verkehr erschlossen, doch standen nicht alle Verkehrsgebiete untereinander in Verbindung. Erde und Wasser waren dem Waren- und Personentransport nutzbar gemacht, Lasttiere, Fuhrwerke und Schiffe dienten als Transportmittel. — —

Mit dem Untergange des römischen Reiches wurden viele Errungenschaften einer hochentwickelten Kultur zu Grabe getragen. Zerstörung war während eines längeren Zeitraumes innerhalb weiter Gebiete des einstigen Weltreichs die Losung, und der Zerstörungswut kraftvoller aber barbarischer Völker fielen zahlreiche Schöpfungen der Ingenieurtechnik auf dem Gebiete des Verkehrswesens zum Opfer. Die Verkennung der Bedeutung des Handels bewirkte naturgemäß eine Einschränkung des Verkehrs, der Welthandel erlitt eine ganz ungeheuere Einbuße, wodurch das Bedürfnis nach großen Verkehrsrouten sich nicht wie früher fühlbar machte. Auch das Mittelmeer verlor zunächst seinen Charakter als Kulturmeer und als Vermittler eines intensiven Handels. Jahrhunderte vergingen, ehe sich wieder ein bewegtes Leben auf diesem hervorragendsten aller Binnenmeere abspielte und seine Küsten wiederum der Schauplatz des Kampfes um die Herrschaft über dasselbe und um den durch es vermittelten Welthandel wurden.

Im Osten des einstigen römischen Weltreiches behauptete Neu-Rom, Byzanz, nach dem Zusammenbruche des weströmischen Reiches eine hervorragende Stellung. Konstantinopel übernahm, wie auf vielen anderen Gebieten, so auch auf dem des Handels, das Erbe Roms, insbesondere zog sich nach dem Emporium am Bosporus der Handel mit Indien, der bis dahin ein Monopol Ägyptens gewesen war.

Über den Persischen und Arabischen Meerbusen durch Mesopotamien und Syrien gelangten Jahrhunderte hindurch die Produkte jener fruchtbaren Länder, die kostbaren, von den Menschen hochgeschätzten Gewürze an die Gestade des Mittelländischen Meeres. Schon ein Necho (und vor ihm vielleicht schon Ramses der Große [1386—1328 v. Chr.]) war bemüht gewesen, die Trennung zwischen dem Mittelländischen und Roten Meere durch einen Kanal zu beseitigen und eine direkte Wasserverbindung mit dem arabischen Kupferlande und besonders mit Indien zu schaffen. Unter den Ptolemäern (323—30 v. Chr.) ward dieses Unternehmen zum Abschluß gebracht. Die widrigen Winde, welche beinahe unablässig die nördliche Hälfte des arabischen Golfes bestreichen, erschwerten jedoch die Benutzung des Nilkanals sehr. Bereits zu Strabons Zeiten (66 v. Chr. bis 24 n. Chr.) fand man es weniger kostspielig, nur bis Myos hormos zu fahren und von dort in sieben Tagen Koptos am Nil zu erreichen, oder man kürzte die Schiffahrt noch mehr ab, indem man bei Berenice landete, von wo Ptolemäus Philadelphus eine Straße mit Karawanseraien und Brunnen hatte herstellen lassen, auf der man in 12 Tagen bis nach Koptos gelangte. Die alexandrinischen Zwischenhändler wurden durch ihren Handel außerordentlich reich, und dieser große Reichtum ließ sie allmählich nachlässig werden. Die Araber und die Perser wußten sich diesen Umstand zu nutze zu machen und sich des asiatischen Handels immer mehr zu bemächtigen. Die Perser lernten nach der Zerstörung des parthischen Reiches von den hindostanischen Kaufleuten die Fahrt nach der mala-

4. **Karawanserai in Kairo.** Nach der Zeichnung von P. Coste gestochen von E. Ollivier.

Digitized by Google

barischen Küste und nach Ceylon unter Benutzung der regelmäßig auftretenden Winde. Es war nämlich dem griechischen Piloten Hippalus um die Mitte des ersten Jahrhunderts gelungen, mit Benutzung der bereits zu Alexanders Zeiten bekannten Monsune, aus dem Golf zu Aden quer über den Indischen Ozean nach den malabarischen Hafenplätzen zu fahren. Die bisherige Küstenfahrt wurde dadurch in eine Fahrt auf hoher See verwandelt. Seitdem verließen die Indienfahrer im Juli die ägyptischen Häfen, erreichten in 30 Tagen Okelis am arabischen Ufer des Bab el Mandeb und gingen mit dem Südwestmonsun in 40 Tagen nach den indischen Küsten. Im Golfe von Cambaja warteten ihrer vor dem Hafenplatz Barygaza die königlichen Lotsen, um die Kauffahrer sicher über trügerische Tiefen zu bringen, oder die Schiffe hielten südlicher, um sich in den großen malabarischen Stapelplätzen Muziris (Mangalore), Nelkynda (Nelisseram) und Kottonarike (Cochin) mit Zucker, Pfeffer und Elfenbein zu versehen. Über das Kap Komorin reichte damals die Schiffahrt der hellenischen Ägypter in der Regel nicht hinaus (80 bis 89 n. Chr.). Der Nordostmonsun, welcher bereits Mitte Oktober eintrat, durfte zur Rückreise nicht versäumt werden, wenn in einem Jahre Fahrt und Rückfahrt zurückgelegt werden sollte. Gegen Pferde und andere Erzeugnisse ihres Landes kauften die Perser die indischen Waren ein und brachten sie auf dem Euphrat über Assyrien nach dem Pontus, dem Schwarzen Meer. Ägypten ging immer mehr seiner Handelsbedeutung verlustig, und Byzanz ward zum vornehmsten Zwischenmarkt Asiens und Europas. Fast der gesamte indische Handel gelangte im Laufe des 6. Jahrhunderts in die Hände der arabischen und persischen Kaufleute.

Mit dem Vordringen der Mohammedaner (die Anhänger des Propheten bemächtigten sich 30 Jahre nach der Hedschra der Inseln Cypern, Kreta, Rhodus; in den Jahren 634—636 gelangten sie in den Besitz von Damaskus, Emessa, Laodicea, Antiochien, Aleppo, Jaffa und Jerusalem; im Jahre 640 fiel Ägypten in ihre Hände; nach der Unterwerfung Spaniens besetzten sie Sardinien, Corsika und 827 Sizilien) nahmen die Beziehungen Südeuropas mit Indien über das Mittelmeer ein vollständiges Ende. Die Seeräuberei ließ das Mittelmeer lange verödet, und einen langen Zeitraum hindurch trat die Schiffahrt fast vollständig in den Hintergrund. Bei den Arabern war der Karawanenhandel zunächst die Hauptsache. Die Größe des nach und nach eroberten Gebiets zwang schließlich die Araber, dem Verkehrswesen und dem Handel Beachtung zuzuwenden. Der Handel mit Indien begann wieder eine Hauptrolle zu spielen, und zu seiner Förderung legte Kalif Omar Basra oder Bassora am Euphrat oder Schat el Arab an. Der maritime Verkehr erstreckte sich allmählich bis nach China und den Sundainseln. Schiffahrt und Karawanenhandel vereint ließen die Städte Mekka, Medina, Bagdad, Mossul, Damaskus, Bassora sich zu glanzvollen Handelsstädten entwickeln und die Stelle einnehmen, welche einst Babylon, Ninive, Persepolis und Palmyra besessen hatten.

In den neu entstandenen Handelsstädten wurden die Reichtümer von ganz Asien aufgehäuft. Die Märchen der „Tausend und eine Nacht" geben ein Bild von dem damaligen orientalischen Glanz und Luxus. Das im Koran enthaltene Gebot der Gastfreundschaft erleichterte das kaufmännische Reisen. Auf den Hauptstraßen wurden Wasserbehälter und Karawanseraien angelegt, und zu einer Zeit, in welcher im Abendlande der Straßenbau vielfach zu einer unbekannten Kunst wurde, waren die abbasidischen Kalifen und die Chane des großen mongolischen Reiches bemüht, in ihren ungeheuren Staatsgebieten die Verkehrswege auszubilden und dem Handel nutzbar zu machen. Zu den fünf großen Würdenträgern gehörte im Kalifenreich der Staatssekretär für Kanzlei- und Postwesen. 930 Poststationen waren über das ganze Reich zerstreut und wurden von besonderen Beamten verwaltet. Steinsäulen, auf denen die Höhe des Waren- und Straßenzolls verzeichnet war, machten die Pikettstation kenntlich, 10000 Wachtleute hatten für die Straßensicherheit Sorge zu tragen.

Die Einverleibung Chinas in das ungeheuer große Mongolenreich führte einen weiteren Fortschritt auf dem Gebiete des Verkehrs herbei. Neben den zahlreichen neu zur Erbauung kommenden Kanälen wurden gepflasterte Heerstraßen hergestellt, die mit

5. Kanallandschaft bei Kairo (mit Aquädukt).

Digitized by Google

Bäumen bepflanzt und an welchen in bestimmten Abständen Gasthäuser und Schuppen aufgestellt wurden. Von Peking gingen eine Anzahl Radialstraßen in verschiedener Richtung ab. Ein wohlgeordnetes System von Stationen, welche mit berittenen Kurieren und mit Gespann ausgestattet wurden, ermöglichten eine schnelle und sichere Verbindung. Der venezianische Kaufherr Marco Polo spricht in seinem vielgenannten Werke von den Einzelheiten dieser Einrichtung und erwähnt dabei die Aufsichtsbeamten, welche verpflichtet waren, für die Ordnung und Unterhaltung der Wege zu sorgen. Neben den gepflasterten Heerstraßen lag ein ungepflasterter Streifen, der den Reitern ein rasches Vorwärtskommen ermöglichte.

Die beginnenden langandauernden Kämpfe zwischen den Arabern und Byzanz erwiesen sich für einige unternehmende Städte Italiens von großem Vorteil. Venedig, Genua, Pisa, Amalfi wußten den Handel mit Ägypten und Syrien immer mehr in ihre Hände zu spielen; durch Verträge mit dem griechischen Hofe und mit den Sarazenen sicherten sich die Genuesen und Venezianer den Zwischenhandel. Im gleichen Maße wie die Schiffe Konstantinopels gezwungen waren, sich aus dem Ägäischen und dem Mittelmeer zurückzuziehen, im selben Maße drangen die Fahrzeuge der Italiener vor. Die Spuren der Venezianer im Handel mit Konstantinopel und auch in den Handelsverhältnissen nach Syrien und Ägypten lassen sich bis in das neunte Jahrhundert zurückverfolgen. Die Stellung der Italiener in Konstantinopel war zeitweise eine sehr angesehene, zeitweise suchten sich die griechischen Kaiser durch die schändlichsten Mittel dieser Konkurrenten zu entledigen.

Eine sehr bedeutungsvolle Rolle spielte jahrhundertelang in der Geschichte des Handels und damit in derjenigen des Verkehrs Venedig. Ein Fischerdorf, gegründet von den vor Attila geflüchteten Bewohnern von Aquileja, Padua und Concordia, war der Ausgangspunkt des machtvollen Venedigs. Schon unter Theoderich (454—526 n. Chr.) bediente sich Ravenna der Fahrzeuge der Venezianer. Im Jahre 829 drohte der Stadt, die mit 60 Schiffen im Bunde mit dem griechischen Kaiser Sizilien gegen die Mauren verteidigt hatte, die Gefahr der Vernichtung. Die dem Kaiser Karl dem Großen geleistete Hilfe gegen Pavia verschaffte Venedig die Unabhängigkeit. Otto III. (996) erteilte den Venezianern die Befugnis zum Besuche der deutschen Messen. Bis gegen Ende der Kreuzzüge war jedoch der Verkehr mit Deutschland ein sehr geringer, und ein unmittelbarer Großhandel mit den italienischen Städten existierte nicht.

Deutschland war um diese Zeit von dem Weltverkehr gleichsam ausgeschlossen. Es gehörte zu denjenigen Ländern, in welchen nach dem Zusammenbruch des Römerreiches zunächst eine sehr traurige Periode des Verkehrslebens und des Handels begann. Die Zahl der Verbindungswege blieb zwar eine ziemlich große, doch war ihre Beschaffenheit eine sehr mangelhafte. Der Unverstand der Menschen ließ die prachtvollen Kunststraßen vielfach zu Grunde gehen, indem man deren Verfall thatenlos zusah. Karl der Große zeigte sich auch in dieser Beziehung als ein Mann mit weitem Blick, indem er wiederholt Befehle erließ, Verbindungsstücke zwischen den einzelnen Überresten der Römerstraßen herzustellen. Die fränkischen Soldaten mußten wie einst die römischen mit Hand ans Werk legen. In seinen Kapitularien verordnete er die Wiederherstellung der Kirchen, Brücken und Straßen und schrieb er den Handelsleuten die Straßen vor, um sie zu ihrer eigenen Sicherheit an seine Gaugrafen verweisen zu können. Es heißt daselbst: „Die Kaufleute auf ihrem Zuge in die Lande der Slawen und Avaren sollen gen Sachsen bis Bardewik reisen, wo Hredi für sie zu wachen hat, zu Schesla (an der Aller), wo sie Madalgoz schützt; zu Magadoburg sind sie der Hut Hattos anvertraut, zu Erpisfurt dem Madalgand, zu Forchhaim, zu Bremberg, zu Ragenisburg sitzt Adulph, zu Lorch der Warnar". Eine Hauptstraße zog sich von dem Donauthal in das Elbe- und Wesergebiet, eine zweite ging über Augsburg und Ulm, den Main und Neckar abwärts, nach Frankfurt und an den Rhein. Die Machtausdehnung der Araber hatte eine allgemeine Stockung des Welthandels bewirkt, die erst durch die Anknüpfung neuer Verbindungen in dem Donauthal durch Kölner und Mainzer Kaufleute einigermaßen aufgehoben wurde. Der Einbruch der Hunnen sperrte diesen Weg für den Durchgang der orientalischen Waren, die fortan nur über Kiew und Nowgorod nach Deutschland und zwar an die Ostsee gelangen konnten.

Die Küstenbewohner Deutschlands hatten es zwar schon im Altertum gewagt, mit primitiven Schiffen das Meer zu befahren, aber weder diese noch die festgezimmerten, mit Schilf kalfaterten und durch märchenhafte Tiergestalten geschmückten Fahrzeuge brachten dem Handel Vorteile. Schon die römischen Kaiser kämpften vergebens gegen die Seeräuberbanden der Friesen und Sachsen, deren Raubzüge als Wikingerzüge bekannt sind, und an welche noch die in Irland an der Küste stehenden, neben den Kirchen errichteten Aussichtstürme erinnern. Bis ins zehnte Jahrhundert hinein war die ganze Küste durch diese kühnen Seefahrer gefährdet. Die Besiedelung Großbritanniens durch die Angelsachsen bewirkte in Verbindung mit der festeren Gestaltung der Verhältnisse Galliens und Germaniens, daß die Piraten sich auf die skandinavische und cimbrische Halbinsel zurückzogen. Ihre Kraft war jedoch noch lange nicht gebrochen und trat nicht selten mit elementarer Gewalt hervor. Karl der Kahle, Karl der Dicke und Karlmann waren genötigt, große Summen zu zahlen, um das Reich von den Skandinaviern und den Normannen zu befreien. Um die Mitte des 9. Jahrhunderts gründeten die letzteren in verschiedenen Teilen Europas, besonders in Spanien, auf Sizilien und in dem südlichen Italien Herrschaften, welche sich zu einer gewissen Bedeutung erhoben. Im Jahre 1090 eroberten sie Malta, welche Insel später (1530) von Kaiser Karl V. den Johanniter-Rittern zum Geschenk gemacht wurde.

Der bedeutendste der Normannenfürsten, Robert Guiscard rief die Idee zu den für die Gestaltung des Welthandels in den folgenden Jahrhunderten so sehr bedeutungsvollen Kreuzzügen ins Leben, welche Idee seitens des Papstes und der italienischen Seestädte mit Lebhaftigkeit aufgegriffen wurde. Die in der Zwischenzeit dem Handel nach Syrien und Ägypten durch die religiösen Anschauungen, welche in diesem Handel mit den Ungläubigen etwas Unzulässiges erblickten, erwachsenen Hemmnisse mußten es den italienischen Hafenstädten erwünscht erscheinen lassen, am Jordan und am Nil wiederum das Kreuz aufgerichtet zu sehen. Um diese Zeit hatte sich in der Poebene eine blühende Industrie entwickelt, welche erklärlicherweise auf den Handel der italienischen Seestädte einen günstigen Einfluß ausübte. Auch dieser Umstand trug dazu bei, den frommen Eifer zur Zurückeroberung des Heiligen Landes anzuspornen. Es ist von besonderem Interesse, darauf hinzuweisen, daß selbst die Kreuzprediger in ihren Predigten die Behauptung einflochten, daß man durch die Eroberung Ägyptens zum unmittelbaren Besitz des indischen Handels gelangen könne, und daß die Eroberung Jerusalems samt den umliegenden Ländern zur bequemen Überführung der Waren nach Europa sehr vorteilhaft sein würde.

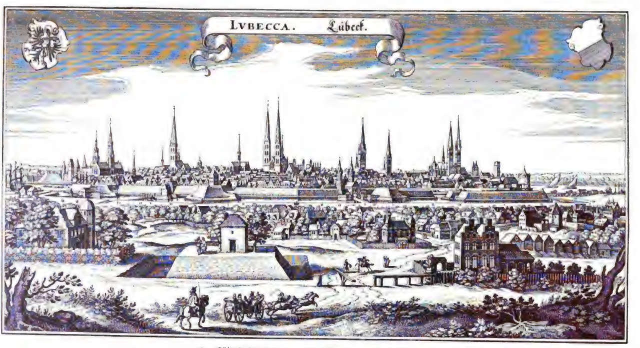
Die Venezianer beteiligten sich an den Kreuzzügen als Handelsmacht. Sie betrachteten die Niederlassungen im Heiligen Lande als Handelsfaktoreien, welche ihnen die Möglichkeit gewähren sollten, außer über der großen über Konstantinopel führenden Handelsstraße auch einen unmittelbaren Verkehr mit dem Morgenlande zu unterhalten. Auch noch in anderer Weise erwiesen sich die Kreuzzüge für einige italienische und südfranzösische Seestädte in finanzieller Beziehung von Vorteil. Die zunehmenden Pilgerfahrten führten nämlich zu einem regelmäßigen zweimaligen Postkurs im Jahre. Diese Fahrten nahmen insbesondere von Venedig, Genua, Pisa, Amalfi und Marseille ihren Ausgang. Mit dieser Personenbeförderung war ein geregelter Frachttransport verbunden. Das sogenannte Passagium, die Meerfahrt nach dem Heiligen Lande, begann im Frühjahr und um die Sonnenwende. Mit der ersten Fahrt kam man um Ostern, mit der zweiten im August oder September in Palästina an. Durch den Vertrag, welchen Ludwig IX. abschloß, erhält man einen ungefähren Anhalt über die Kosten der Überfahrt. Danach waren für einen Ritter mit zwei Knappen, ein Pferd und einen Pferdejungen etwa 300 Mark (nach unserem Gelde) zu zahlen. Ein Ritter zahlte auf dem Kajüttplatz 90 Mark, ein Knappe auf dem Deckplatz 35 Mark. Der Fahrpreis für einen Pilger auf dem letzteren Platz betrug 30 Mark.

Nachdem die Pilger wochenlang sich in den Hafenstädten aufgehalten hatten und nachdem endlich die Schiffe mit allem Erforderlichen ausgerüstet waren, begann die Einschiffung. Die Pilgergesellschaften zogen unter Vortritt der Geistlichen an Bord und zwar in feierlicher Prozession, Hymnen und Pilgerlieder singend. Um das Fahrzeug wurden an den Brustwehren die bunten Schilder der Ritter befestigt und auf dem Kastell die Fahnen aufgesteckt.

Im Namen Gottes ließ der Kapitän die Segel aufziehen, und fort ging es ins Gelobte Land. In der Regel pflegten sich mehrere Schiffe zu vereinen, und oft waren es ganze Geschwader, die dem Osten zusteuerten. Bezeichnend für den damaligen Stand der Schiffahrt ist es, den Kurs zu verfolgen, welchen die Schiffe im allgemeinen einschlugen. Die Schiffe hielten sich in der Regel an der Küste. Die Fahrt ging an den jonischen Inseln und an den Küsten Griechenlands entlang. Nördlich von Kreta schlugen sie die östliche Richtung ein, liefen nicht selten Rhodus an, erreichten dann Cypern und von hier aus ihren Bestimmungshafen. Von Messina nach Accon dauerte die Fahrt vier Wochen. Von Marseille nach Syrien rechnete man fünfunddreißig Tage.

Das aus kirchlichen Motiven entsprungene Verbot des Warenbezuges aus den in den Händen der Ungläubigen befindlichen Ländern, veranlaßte die Venezianer, den asiatischen Produkten einen neuen Handelsweg zu erschließen. Die Warenzüge gingen fortan durch die Bucharei. Das alte Tanais am Don kam als Tana wieder zu großer Bedeutung, aus ihm entwickelte sich das heutige Asow. An der neuen Welthandelsstraße lagen Buchara, Balkh und Samarkand, Orte, welche schon im Altertum zum Teil eine angesehene Stellung eingenommen hatten. Diese Straße für den Warenbezug aus Indien blieb bis zum Ende des 14. Jahrhunderts von Bedeutung. Ihr Verkehr wurde allmählich schwächer, als die Kirchenverbote eine weniger abschreckende Wirkung auszuüben begannen. Immer stärker erwies sich das Verlangen, dem Handel wiederum einen weniger kostspieligen Weg zu eröffnen. Syrien war um diese Zeit die Beute der Mameluken und Mongolen geworden, und die Venezianer waren durch die Genuesen (1261) aus Konstantinopel und damit fast ganz aus dem Schwarzen Meer verdrängt worden. Mit Hilfe der Genuesen war Michael Paläologus auf den Kaiserthron gekommen, und er hatte seinen Verbündeten dadurch seine Dankbarkeit bewiesen, daß er diesen die Vorstädte Galata und Pera einräumte. Die Venezianer, bemüht, das Verlorengegangene möglichst wieder an anderer Stelle zu gewinnen, sicherten sich den Warenzug durch das mongolische Vorderasien. Taurus ward ein wichtiger Handelsplatz. Die indischen Waren kamen per Schiff bis Ormus, von wo aus der Weitertransport zu Lande nach Persien oder über das Persische Meer und den Tigris bis Bagdad erfolgte. Die morgenländischen Waren schaffte man auf einem nordöstlich gekrümmten Umweg durch Kleinarmenien bis an das Mittelländische Meer nach Ajaß. Um den bequemsten Weg nach Indien, den über Ägypten, benutzen zu können, wurde vielfach Schleichhandel getrieben. Die Händler kamen von Ägypten nach verschiedenen einst im Altertume hochberühmten Orten, nach Candelorum (Side) und Attalea, sowie nach Satalia in Pamphylien. Als der Papst Clemens (1307) allen Handel unter Androhung des Kirchenbannes verbot, erklärten viele Kaufleute, sich genau an den Konzilienbeschluß vom Jahre 1179, der nur den Handel von Waren zum Kriegsgebrauche betraf, halten zu wollen, darüber hinausgehende Bestimmungen aber für nicht gültig betrachten zu können, und in ihrer Übertretung glaubten sie kein geistliches Verbrechen erblicken zu müssen. Diese Widerstrebenden wurden durch eine päpstliche Bulle im Jahre 1326 für Ketzer erklärt und zum Schweigen gebracht. Durch dieses scharfe Verbot ward dem Lug und Trug Thür und Thor geöffnet. Um die Konkurrenz der Geistlichen zu hintertreiben, brachte Benedict VI. die Erteilung von Freibriefen an einzelne venezianische Handelshäuser auf. Im Jahre 1345 erhielt der gesamte Handelsstand von Venedig auf fünf Jahre Dispensation, und diese wurde später verlängert. Venedig stieg, je mehr das Ansehen seiner bedeutendsten Rivalin, Konstantinopel, sank, immer höher, und mit dem Ende des 14. Jahrhunderts erreichte die mit Recht vielgepriesene Lagunenstadt den Gipfelpunkt ihrer Macht und ihres Glanzes, als dessen sichtbare Zeichen die Kuppeln und die Paläste zurückgeblieben sind.

Die Verschiebung des Handelsschwerpunktes von Byzanz nach Venedig hatte für Deutschland weittragende Folgen. Der Weg von den italienischen Städten nach Nordeuropa führte fortan durch dieses Land. Die direkten Handelsbeziehungen mit Nürnberg, Augsburg und anderen deutschen Städten nahmen außerordentlich zu, und die neuen Verhältnisse ließen diese Städte sehr aufblühen. Übrigens hatte sich in Deutschland während des 13. Jahrhunderts ein für die Verkehrsgeschichte sehr wichtiger Vorgang vollzogen. Trotz der Eiferung der Fürsten auf dem Reichstage zu Worms (1231) gegen



6. Lübeck im siebzehnten Jahrhundert. Nach Merian.

Digitized by Google

etwaige Städteverbindungen schlossen Hamburg und Lübeck (1241), vielleicht in richtiger Erkenntnis der kommenden „kaiserlosen und schrecklichen“ Zeit, einen Vertrag zur Sicherung und Ausbreitung ihres Handels, eine Verbindung, die sich später zu dem berühmten Hansabund erweiterte. Lübeck nahm um diese Zeit, da Bardowiek dem Zorne Heinrichs des Löwen zum Opfer gefallen und Julin (1130), sowie Schleswig ebenfalls zerstört worden waren, die Hauptstellung an der Ostsee ein. Für den Verkehr zwischen Ostsee und Nordsee kam um diese Zeit die direkte Wasserverbindung um die cimbrische Halbinsel kaum in Betracht, vielmehr nahmen die Güter aus dem binnenländischen Norddeutschland ihren Weg zu Lande nach dem Gestade der Ostsee. Die Kaufleute der Städte Soest, Dortmund, Münster, Soltwedel und Goslar brachten ihre Waren an die Meeresküste, mieteten in Lübeck Frachtschiffe und schafften auf diesen die Waren nach Wisby, Nowgorod und nach den übrigen Plätzen, an welchen Kolonien angelegt worden waren. Die stetig wachsende Gefahr vor den Mongolen (13. Jahrhundert) trug viel zur Festigung des Bundes bei, dessen Haupt im Jahre 1260 Lübeck wurde.

Diese Stadt besaß bereits um jene Zeit eine an Wechselfällen überaus reiche Geschichte. An der noch jetzt eingenommenen Stelle war sie 1158 von Heinrich dem Löwen gegründet worden. Sie lag an der Heerstraße von Italien nach Skandinavien, einem bereits im 11. Jahrhundert stark benutzten Straßenzuge, der schon in diesem Zeitpunkte genau nach Rastorten und Stationen bestimmt war und im Laufe der Zeit eine immer größere Bedeutung erlangte. Die Straße ging von Italien über Trient, Bozen, Innsbruck, Augsburg, Nürnberg, Würzburg, Eisenach, Osterode, Goslar und Braunschweig zur Elbe. Weiter führte sie über Mölln nach Lübeck, von wo die Fahrt nach Dänemark und den skandinavischen Ländern ging. Auf dem Städtetage zu Köln im Jahre 1367 erhielt der Hansabund ein festeres Gefüge. Das gesamte Gebiet wurde in vier Quartiere eingeteilt. Lübeck stand an der Spitze des vandalischen, Köln an der des rheinischen, Braunschweig an der Spitze des dritten Quartiers, das Sachsen und Westfalen umfaßte. Das vierte Quartier stand unter Danzig und enthielt u. a. Elbing, Marienburg, Kulm, Thorn, Braunsberg, Königsberg, Dorpat und Reval, sowie Riga.

Dem inneren vierfachen Gefüge der Hansa entsprechend war auch der auswärtige Verkehr gestaltet. Wohlgeordnete Niederlagen, sogenannte Kontore, dienten der Vermittelung des Handels mit dem Auslande. Diese Emporien befanden sich zu Brügge, London (hier Stahlhof genannt), Bergen und Nowgorod. Bergen war, wie auch Wisby auf Gotland, eine hervorragende Station für den Heringshandel. Der Hering war ein Haupthandelsartikel, und selbst für eine Gemeinde von der Bedeutung Lübecks blieb der Heringsfang bis gegen Ende des Mittelalters und selbst darüber hinaus die Grundlage des Handelsbetriebes.

An der Ostsee entwickelten sich neben Lübeck, gestützt durch die im 13. und 14. Jahrhundert sich immer weiter ausbreitende Hansa, Wismar, Rostock, Stettin, sowie weiter im Osten Danzig zu Hauptplätzen des Seehandels. Stettin vermochte sich erst selbständig zu entwickeln, als Julin, d. h. Vineta auf der Insel Wollin, von den Dänen im Jahre 1177 zerstört worden war. Durch Julins Fall stieg auch der Handel Wisbys auf Gotland, dem Emporium des „nordischen Mittelmeeres“. Die Blüteperiode Wisbys fällt in das 12. Jahrhundert, in die Zeit, als der große Handelsweg von Asien durch Rußland über Nowgorod zur Ostsee führte, Wisbys Reichtum war sprichwörtlich. Der Überfall Waldemar Atterdags im Jahre 1361 und der Umstand, daß sich der orientalische Handel nach Südeuropa, insbesondere nach Venedig, zog, ließ Wisby von seiner hohen Stellung sinken, die es nie wieder erreichte.

Zwischen den großen Handelsbündnissen: der Hansa und den niederländischen Städten einerseits und den oberitalienischen Republiken anderseits entstand im Laufe des 14. und 15. Jahrhunderts ein ganz außergewöhnlich lebhafter Verkehr. Gestützt auf die in der Poebene immer mehr aufblühende Industrie und auf die ausgebildete eigene Reederei und Seemacht, wußten die geistig begabten und unternehmenden Italiener fast um den ganzen Erdteil ein Netz von Handelsbeziehungen zu schlingen. In Venedig besaßen die Städte Augsburg, Ulm, Regensburg und Nürnberg in dem Fondaco dei Tedeschi ein gemeinsames Kaufhaus. Wien und Regensburg trieben Handel mit Rußland und lieferten dessen Produkte weiter nach Italien. Auch mit Konstantinopel standen Wien, Regensburg, Ulm, Augsburg, Nürnberg in einem lebhaften Handelsverkehre. Nach Deutschland kamen von Konstantinopel Kunstprodukte, Spezereien (namentlich Pfeffer), rohe Seide, Priesterornamente, Purpurmäntel, Goldstoffe, Degenkoppel. Nach Konstantinopel gingen Leibeigene, Waffen, Sattlerarbeiten. Dieser Handel erfuhr durch die Schwierigkeiten, welche die Konstantinopolitaner in dem Bemühen, sich den Zwischenhandel zu er-

halten, den mit ihnen im Verkehr Stehenden bereiteten, eine empfindliche Einbuße. Nach dem Aufhören der Kreuzzüge nahm die Schiffahrt der Venezianer, Pisaner, Lombarden und Florentiner nach den außerhalb der Meerenge von Gibraltar belegenen europäischen Küstenländern, insbesondere nach Brügge, Antwerpen und England, einen großen Aufschwung. Gegen morgenländische Kostbarkeiten wurden flandrische Tuche und britische Wolle eingetauscht.

England war um diese Zeit und bis zum Schlusse des 15. Jahrhunderts ein armes Land, in dem die Üppigkeit Flanderns und Italiens vollständig unbekannt war. Die Gesamtausfuhr Englands belief sich im Jahre 1355 auf 294 185 Pfd. Sterl., der Wert der Einfuhr betrug 38 970 Pfd. Sterl. Von Interesse ist der aus dem Jahre 1398 stammende Bericht eines katalonischen Ritters über Irland, da er zeigt, wie es damals noch in einem Teile des späteren Großbritanniens aussah.

Dieser Bericht lautet folgendermaßen: „Große Herren tragen in Irland einen ungefütterten Rock, der oben weit wie ein Frauenkleid ausgeschnitten ist, darüber haben sie eine enge Kapuze, welche bis zum Gürtel herabfällt. Von Schuhen, Strümpfen, Hosen wissen sie nichts. Den nackten Fersen werden die Sporen angeheftet, und ich habe in dergleichen Aufzug am Weihnachtsfeste den König, die Geistlichen und Ritter, Bischöfe, Äbte und Barone gesehen. Der gemeine Mann kleidet sich nach eines jedweden Vermögen. Die Ansehnlichsten werfen wollene Mäntel um, zeigen aber darunter alle Teile bloß, so Frauen wie Männer. Arme Leute gehen nackend. Der Mantel, wie schlecht er auch sein mag, wird als Überwurf gebraucht. Nach derselben Mode waren die Damen, die Königin, ihre Tochter und ihre Schwester, gekleidet, nur daß ein Gürtel den Anzug vervollständigte. Sogar nicht eine von den zwanzig Hoffräulein der Königin trug Schuhe an den Füßen, und sie ließen alles, was sie hatten, so unbefangen sehen als das Gesicht. Am Hauptfest hielt der König großen Hof; statt eines Tisches dienten ihm Binsen, auf den Boden ausgestreut. Als eine Auszeichnung hatte er neben sich ein Bündel zarteres Heu, um sich damit den Mund abzuwischen. Das Fleisch wurde ihm auf Stöcken, zu einer Tragbahre eingerichtet, dargebracht Gott weiß, wie die aufwartenden Pagen gekleidet waren."

Aber auch in anderen Ländern waren die gesellschaftlichen Verhältnisse noch sehr unentwickelt. Professor Roger hat über diesen interessanten Gegenstand auf Grundlage von neueren Quellen Aufschlüsse gegeben, wonach das Leben an zahlreichen adeligen Herrschaftssitzen mit so vielen Entbehrungen verknüpft war, daß heute ein Fabrikarbeiter mehr Bequemlichkeiten und eine bessere Nahrung genießt als früher die reichen Grundeigentümer des Landes. Damals bildeten eine Tafel, die über einen Bock gelegt wurde, wenn man sie als Tisch gebrauchen wollte, Bänke mit Stroh ausgestopft, einige Stühle und kupferne Kessel zum Sieden, sowie etliche hölzerne Schüsseln und Teller, ein eiserner Leuchter, ein paar Küchenmesser, ein Salzfaß und ein metallenes Becken den gesamten Hausrat.

Wie das Vorstehende hat erkennen lassen, waren die allgemeinen Verhältnisse gegen Ende des Mittelalters der Entwickelung des Handels und Verkehrs in Deutschland sehr günstig. Leider muß auf die Frage, was von Seiten des Staates für die Förderung des Handels in Deutschland im Mittelalter geschah, geantwortet werden, daß sich die staatliche Macht im allgemeinen nur dann des Handels anzunehmen pflegte, wenn sich derselbe als Finanzquelle günstig ausnutzen ließ. Die einzige Begünstigung bestand in der Erteilung von Privilegien und Freibriefen mannigfacher Art, sowie in der Errichtung von Kaufhäusern, Lagerhäusern, Krananlagen u. s. w. Die Kräne zu Worms, Oppenheim, Mainz und Bingen sind sehr alt. Manche staatliche Einrichtungen trugen wenigstens zur Belebung des Verkehrs bei, so die Reichsversammlungen. Auch die Kirchenversammlungen, die Volksfeste, Turniere, Ringstechen und die Märkte und Messen brachten viele Menschen in Bewegung. Einen sehr lebhaften Personenverkehr verursachten auf dem Rhein vom 14. bis zum 17. Jahrhundert die zahlreichen Wallfahrer, welche vorzugsweise gern die Wasserstraßen benutzten. Köln, Trier, Aachen, sowie auch verschiedene Orte im Elsaß und Einsiedeln in der Schweiz waren sehr aufgesuchte Stätten. Für die Pilger waren ursprünglich besondere Fahrten, die sogenannten „Bruderfahrten" eingerichtet. Die Zahl der in Einsiedeln jährlich eingetroffenen Wallfahrer soll 150000 betragen haben, von welchen die größere Hälfte aus dem Norden gekommen und auf der Heimreise den Rhein hinunter gefahren sein dürfte.

Von außerordentlichem Nachteil für die freie Entfaltung des Verkehrs und Handels erwiesen sich in Deutschland namentlich die Zölle, die sowohl auf den Land- wie den Wasserstraßen erhoben wurden, und das bekannte Raubritterwesen. In den älteren Zeiten waren in Deutschland alle Flüsse und Straßen im Reichsbesitz gewesen, und sie standen demgemäß unter der Herrschaft der Kaiser. Nach und nach gingen jedoch die Rechte der Kaiser durch Schenkung, Verpfändung oder Belehnung auf andere Personen über, namentlich gilt dieses für den Rhein und den Main. Am Mittelrhein besaßen Kurmainz, Kurpfalz, Nassau, Katzenelnbogen, Falkenstein, Klöster und Stifte Eigentums- oder Lehnsrechte auf den Strom. Diese sehr verwickelten Eigentumsverhältnisse trugen das Ihrige zu einer Benachteiligung des Handels bei. Während England, die Niederlande und Frankreich trotz den auch hier vorhanden gewesenen provinziellen Binnenzolllinien und zahlreichen lokalen Zöllen zu einem die Gesamtheit des Staats umfassenden Wirtschaftskörper wurden und infolgedessen die großen Vorteile nationalen Handels und nationaler Industrie genossen, war in Deutschland, dank der hier getriebenen Reichspolitik und der Handelseifersucht der einzelnen Landschaften die Schaffung einer wirtschaftlichen Gemeinsamkeit leider ein Ding der Unmöglichkeit. Je kleiner die Gebiete waren, um so mehr waren ihre Gebieter bemüht, Handel und Gewerbe der Nachbarländer zu stören und die Verkehrsstraßen in ihre Hände zu bekommen.

Die Zölle für die Benutzung der Land- und Wasserstraßen wurden durchgängig angeblich als Entgelt für die Verbesserung und Unterhaltung dieser Verkehrsvermittler erhoben. Wären dieselben thatsächlich zu diesem Zwecke verwendet worden, so hätte ihnen eine gewisse Berechtigung nicht abgesprochen werden können, in Wirklichkeit traf solches jedoch nur in verschwindend wenig Ausnahmefällen zu.

Die Bedeutung des Rheins für das Verkehrsleben ist sowohl zur Römerzeit, wie im Mittelalter eine große gewesen. Frühzeitig hat der vielbesungene Rheinstrom nicht nur im Lokalverkehr sondern auch im Welthandel eine Rolle gespielt. Die Entstehung der Zölle am Rhein läßt sich bis zum 8. Jahrhundert zurückverfolgen. Zu jener Zeit fuhren die Straßburger Schiffer schon bis in die Rheinmündung. In der Folgezeit besaßen reiche Kaufleute, sowie verschiedene mittelrheinische Klöster, wie beispielsweise Lorch und Eberbach ihre eigenen Handelsschiffe. Im 12. Jahrhundert fuhren die Seeschiffe bis Köln und wahrscheinlich bis an die Grenze des Mittelrheins.

Wie den Bewohnern an der Meeresküste, so stand auch den Flußbewohnern, welche sich bei gestrandeten oder sonst verunglückten Schiffen der Sachen am ersten bemächtigten, alles zu, was verunglückt war. Dieses Recht ging später auf den Landesherrn über. Auch die Stapel- und Niederlagsgerechtigkeiten (am Rhein: Speier, Mainz und Köln) störten nicht wenig die Entfaltung des Handels. Die der Schiffahrt in den Weg gelegten Schwierigkeiten waren zeitweise so groß, daß die rheinischen Kaufleute ernsthaft die Frage erwogen, ob es nicht ratsamer sei, die Schiffahrt ganz aufzugeben und die Waren zu Lande zu transportieren. Die hohen Wehrzölle und die schlechte Beschaffenheit der Straßen veranlaßten jedoch die Handelsherren, wieder zu der Schiffahrt ihre Zuflucht zu nehmen. Seitdem die Zölle verpfändet werden konnten und je mehr die Wasserzölle aus den Händen der Kaiser in die Hände der verschiedenen Landesherren resp. der an den Wasserstraßen gelegenen Städte gelangten, um so mehr arteten sie in reine Finanzzölle aus und wurden zu einer wahren Verkehrsplage. Seit dem Anfang des 13. Jahrhunderts sah sich jeder Fürst, Graf oder Ritter am Rhein als berechtigt an, die Vorüberfahrenden zur Erlegung eines Zolles zwingen zu können. Diese Zölle wurden zwar mehrmals durch kaiserliche Verfügungen beseitigt, sie entstanden jedoch bald immer wieder von neuem. Auch die Kirche suchte durch Androhung der Exkommunikation die Erhebung unrechtmäßiger Zölle zu verhindern, allein auch dieses Mittel erwies sich nur für kurze Zeit als wirksam.

Die Land- und Wasserzölle wurden am Rhein mit drakonischer Strenge erhoben. Eine Regelung der Zollsätze fehlte, und so waren die Zollpflichtigen fast ganz und gar der Willkür der Zolleinnehmer ausgesetzt. Um noch größere Kosten durch Aufenthalt u. s. w. zu sparen, zahlten die Schiffer im allgemeinen das, was verlangt wurde. Dem Kaufmann war es bei einer solchen Sachlage erst nach Ankunft der Ware an ihrem Bestimmungsort möglich, deren Kosten festsetzen zu können. Am Ende des 12. Jahrhunderts gab es 19 Rheinzollstätten, im 13. Jahrhundert 44 und im 14. Jahrhundert sogar 62. Der folgende Vers schildert anschaulich diese Verhältnisse:

„Der König und der Bischof teilen,
Und Burg und Stadt und Stift und Dom,
Mehr Zölle sind am Rhein, als Meilen,
Und Pfaff und Ritter sperrt den Strom.
Zollschreiber ist zuerst Empfänger,
Dann stellt sich der Beseher ein,
Ihm folgt Nachschreiber, dann Nachgänger,
Vier Mann hoch zapfen sie am Wein."

Die letzten Zeilen schildern die Art der Zollerhebung. Bis zum vorigen Jahrhundert ward nämlich jeder Zoll gewöhnlich von vier Zollbedienten, dem Zollschreiber, Beseher, Nachschreiber und Nachgänger verwaltet, so daß die Zollprozedur viermal zu überstehen war. Erst durch den Reichsdeputationshauptschluß vom 25. Februar 1805 wurden für den Rhein die Zölle aufgehoben und an ihrer Stelle eine Schiffahrtsoktroi eingeführt.

7. Caub mit der Raubritterburg Gutenfels und die Pfalz im Rhein.

Die Beeinträchtigung, welche der Warentransport durch das Raubritterwesen im Mittelalter erlitten hat, war eine sehr große. In besonderem Maße gilt dieses für den Rhein und den Main. Am Rhein hielten sich die Ritter nicht allein Reisige, sondern auch eigene Raubschiffe, um die Kaufmannsschiffe überfallen zu können. Das Raubwesen begann bereits in nachkarolingischer Zeit. Den Höhepunkt erreichte das Unwesen in der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts; erst dem rheinischen Städtebund und insbesondere der Thatkraft eines Rudolf von Habsburg gelang es, unter den adeligen Räubern gründlich aufzuräumen. Um die Reisenden und die Handelszüge gegen räuberische Überfälle zu sichern, diente das Geleit. Dasselbe bildete sich aus der Verpflichtung des Staates, die Land- und Wasserstraßen und Leinpfade zu schützen. Das Geleite wurde anfangs nur auf besonderen Wunsch gewährt; so reisten im 9. Jahrhundert bereits Kaufleute unter kaiserlichem Geleite, sie erhielten Geleitsbriefe, wofür eine gewisse Gebühr zu entrichten war. Allmählich zwang der Staat die Handelszüge, unter Geleit zu reisen, und stellte entweder eine bewaffnete Begleitung oder erteilte Geleitsbriefe. Schiffe und

Digitized by Google

Flöße mußten ebenfalls auf der Strecke Bingen—Bacharach unter dem Geleite des Königs fahren. Kundige und erfahrene Steuerleute brachten die Fahrzeuge durch die gefährliche Stromstrecke. Auch das Geleitsrecht ging, ähnlich wie das Straßen- und Zollrecht allmählich auf die Landesfürsten, Stände und Städte über. Neben dem Staatsgeleite war jedem Kaufmann gesetzlich gestattet, auf seinen Handelsreisen einen Degen zur Selbstverteidigung an den Sattel zu hängen oder auf seinen Wagen zu legen. Auch die Geistlichkeit erteilte Geleitsbriefe, und diese erwiesen sich oft wirksamer als die von der weltlichen Macht ausgestellten. Die Geleitsgebühren wurden in der Regel mit dem Zoll zusammen erhoben. Der Einnahmen wegen wurde das Geleite noch zu Zeiten aufrecht erhalten, als es eigentlich praktisch ohne jegliche Bedeutung geworden war. So wurde das mittelrheinische staatliche Geleit erst im Jahre 1802 als entbehrlich aufgehoben. Quetsch gibt in seiner „Geschichte des Verkehrswesens am Mittelrhein“ die Höhe der Geleitsgebühren an. Es war zu zahlen: „ein Krist zu Fuß oder Wasser fahrend 4 Kreuzer (ein jud 10 Kreuzer), ein Krist zu pferd oder fahrend 10 Kreuzer (ein jud 20 Kreuzer), eine 2- oder 4rädrige Chaise 20 Kreuzer.“ Das Nichtlösen von Geleitszetteln wurde bestraft. Mit der Überwachung waren „Gardenreiter“ betraut. Sehr verkehrshindernd war es, daß alle Abgaben nach den willkürlichsten Tarifen erhoben wurden und daß zu den Hauptabgaben eine enorme Menge von Nebenabgaben kamen, wie: Lagergeld, Kranengeld, Visiergeld, Stichgeld, Flaschengeld, Bendergeld, Wachtgeld, Altgeld, Pflastergeld, Brückengeld.

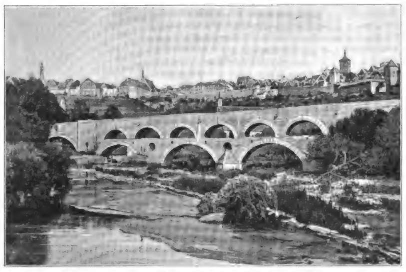
Die Wege, Stege, Brücken und der Anbau an den Königsstraßen (eine Anzahl Wege führten die stolze Bezeichnung „Heer- oder Königsstraße“, welcher Bezeichnung jedoch ihre Beschaffenheit wenig entsprach) waren ursprünglich den Gaugrafen unterstellt gewesen. Diese hatten für ihre Unterhaltung Sorge zu tragen gehabt. Nach und nach ging diese Unterhaltungspflicht auf die Landesfürsten über. Die Kosten des Straßenbaues wurden aus dem Erlös der Straßenzölle bestritten. Um diese Einnahmen möglichst einträglich zu machen, kam man auf die verkehrshinderliche Idee, den Straßenzwang einzuführen, der die Fuhrleute nötigte, bestimmt vorgeschriebene Straßenrouten zu benutzen. Jede Station ließ sich, wenn irgend erreichbar, durch landesherrliche und kaiserliche Privilegien den Verkehr auf der sie berührenden Straße als ein unantastbares Recht zusprechen. Auf diese Weise wurde das Recht der gastlichen Einkehr, das der Benutzung einer Niederlage, der Ausbesserung des Geschirres, des Vorspanns u. s. w. in einen Zwang umgewandelt. Wer von diesen Vorschriften abwich, eine andere Straße fuhr, eine andere als die vorgeschriebene Niederlage aufsuchte oder eines der sonstigen verbürgten Privilegien unbeachtet ließ, geriet nicht allein wegen des Zolles mit der Landesherrschaft, sondern auch wegen der althergebrachten Stationsprivilegien mit den Gemeinden in Streit, der nicht selten zu einer Vernichtung des Fuhrwerkes und zu einer Gefangenschaft führte. Der Markgraf Friedrich bestätigte der Stadt Freiberg in Sachsen im Jahre 1318 das Recht, demzufolge kein Wagen aus der Markgrafschaft Meißen eine andere Straße als über Freiberg nach Böhmen fahren durfte. Bei der Feststellung der einzuschlagenden Straßenrouten gab fast ausschließlich das Sonderinteresse den Ausschlag, auf die Bedürfnisse des Handels wurde hierbei keine Rücksicht genommen. So wurde z. B. auf dem „Tag von Frauenstadt“, welcher von Polen, Sachsen und Pommern beschickt war, bestimmt, daß die Kaufmannsgüter von Polen nach Leipzig den Weg über Posen, Fraustadt, Glogau, Sagan, Görlitz einzuschlagen hatten.

Schon von alten Zeiten her maßten sich einzelne Städte das Recht an, daß alle Waren, welche dieselben passierten, zuvor auf ihren Märkten zum feilen Kauf ausgeboten werden mußten, ehe der Weitertransport geschehen konnte. Manche Städte erhielten dieses Privileg, das Stapelrecht, durch die Kaiser. So soll Speier dasselbe von Heinrich V. und Mainz sogar von Karl dem Großen verliehen worden sein. Ebenso lästig wie das Stapelrecht war das damit verbundene Umschlagsrecht. Nach diesem durften beispielsweise die von Holland kommenden, für Straßburg bestimmten Güter, sofern es nicht Stapel- oder Ventgüter waren, von Köln bis Mainz nur durch die dazu in beschränkter Anzahl berechtigten Kölner Schiffer, von Mainz bis Speier nur durch

Mainzer und von da bis Straßburg durch Speierer Schiffer in deren Schiffen transportiert werden. An jedem der genannten Plätze mußten sonach die Güter in ein anderes Schiff übergeladen, d. h. umgeschlagen werden.

Am Rhein galten als stapelbar die folgenden Artikel: Salz, Heringe, Bücklinge und andere trockene und gesalzene Fische, Butter, Käse, Honig, Öl, Fettwaren, seit 1668 alles Eisenwerk.

Wie an den Meeresküsten und an den Flußrändern das Strandrecht galt, so ward auf den Landstraßen das Grundruhrrecht ausgeübt. Hiernach stand dem Grundherrn das Recht zu, alle Güter, welche bei einem Achsenbruch oder beim Umfallen eines Wagens den Boden berührten, wegzunehmen. Durch kleine Räder suchte man nach Möglichkeit dem Eintritt dieses Ereignisses vorzubeugen. So heißt es in einem alten Handelsregelbuche: „Farst du auf Jarmark durch Herren-Gauen oder Wald, nimm klaine Rad an dain Wagen, und hüte dich, daß du kaine Grundruhr zahlen must, sonst ist dain Gewinn verloren."



8. Rothenburg ob der Tauber.

Derartige ungewöhnliche Rechtszustände waren wahrlich nicht dazu angethan, eine Besserung der Wegebeschaffenheit zu befördern. Die zu jener Zeit in vielen Teilen der Erde fast beständig herrschende Kriegsgefahr hat jedenfalls auch ihr Teil dazu beigetragen, daß die Wegeverhältnisse so traurige blieben. Man fürchtete, durch gute Wege die Unzugänglichkeit eines Ortes zu beseitigen und Truppendurchzüge herbeizuführen.

Solange es keine Herbergen zur Unterbringung der Reisenden gab, fanden diese in vielen Gegenden, so besonders auch am Mittelrhein, unentgeltliche Aufnahme. In dem im Jahre 1083 von Heinrich IV. eingeführten „Gottesfrieden" war bestimmt: Kein Hausbesitzer darf einem Wanderer Herberge verweigern. Hat der Besitzer das, was der Wanderer bedarf, so soll er es demselben um billigen Preis verkaufen; hat er das Nötige nicht, so hole er es von seinen Nachbarn und verkaufe es in gleicher Weise an den Wanderer. Wenn er die Herberge verweigert und das Nötige weder aus erster noch zweiter Hand an den Wanderer verkauft, so soll sich dieser an den Ortsvorsteher wenden, der sofort die Bürger versammeln und den halsstarrigen Besitzer ohne weiteres scheren und abledern solle. Verübte der Wanderer in der Herberge Unverschämtheiten oder Gewaltthaten, so rief der Hauswirt die Nachbarn zusammen, zeigte ihnen die Sache an

Digitized by Google

und zwang mit ihrem Beirate den Wanderer, Genugthuung zu leisten. Gab sich derselbe nicht zufrieden, so sollte er als Räuber bestraft werden. Vereinzelt gab es Herbergen. Eine der ältesten Anstalten dieser Art war das Hospiz von Lyon, welches von dem König Childerich errichtet worden ist.

Seit dem 14. Jahrhundert gab es bereits in Deutschland in manchen Städten, so z. B. in Mainz, ein eigentliches Hotelwesen.

Die deutschen Hauptverkehrsstraßen in diesem Zeitraume waren die folgenden: Von Norden nach Süden erstreckten sich vier bis fünf Hauptrouten; zwei derselben gingen den Rheinufern entlang. Die östliche Route wandte sich über Höchst der Bergstraße zu, deren Namen bereits im Jahre 1002 vorkommt; sie ging weiter über Cannstatt nach Ulm. Die westliche Straße ging über Worms, Speier, Straßburg, Breisach nach Basel. Vom Wesergebiete ging die Hauptstraße von Minden aus. Die Route ging in südöstlicher Richtung über Fritzlar nach Würzburg. Von Würzburg ging die Straße weiter über Rothenburg ob der Tauber und Nördlingen und vereinigte sich bei Donauwörth mit der Nürnberger Heerstraße. Den nördlichen Endpunkt der Nürnberger Linie bildete zur Zeit Karls des Großen Bardowiek; Braunschweig, Goslar waren bedeutende Etappen dieser Route. Von Erfurt führte die Straße nach Suhl und über Mellrichstadt nach dem Main und über Bamberg nach Nürnberg. Die Donau erreichte diese Straße bei Regensburg. Links der Elbe war Leipzig ein wichtiger Knotenpunkt, der von Schwerin und Magdeburg über Dessau erreicht wurde, während die Straße von Stettin über Berlin ging. Die Fortsetzung dieser Route spaltete sich bei Hof, südwestlich ging es nach Nürnberg, südöstlich nach Regensburg. Später erhielt die Route Stettin, Frankfurt a. O., Kottbus, Bautzen größere Bedeutung. Von Bautzen ging es nach Prag und über Zittau und Reichenberg nach dem Inneren von Böhmen. Sehr alte Linien waren auch Salzburg, Ulm, Cannstatt, Pforzheim, Straßburg, Nancy. Für Schlesien war besonders die große Mainz-Leipziger Straße von Bedeutung. Die Route Köln-Elbe ging über Altena, Iserlohn, Soest, Lippstadt, Paderborn, Höxter, Einbeck, Gandersheim, Wolfenbüttel.

Was die Zeitdauer des Transports anbetraf, so betrug diese beispielsweise von Utrecht nach Köln etwa fünf Tage, von Köln nach Braunschweig acht Tage. Ebenso lange dauerte mindestens der Transport von Köln nach Heilbronn, derjenige von Heilbronn nach Augsburg erforderte etwa fünf Tage. Für die Route Augsburg-Straßburg sind acht Tage anzusetzen. Vom Inn bis Wien betrug die Transportdauer sechs Tage. Von Magdeburg ausgehende Waren langten in Hamburg oder Lübeck in sechs Tagen an.

Der Osten Europas wurde teils durch den von Byzanz aus geübten Einfluß in die Kulturwelt einbezogen, teils waren es, und zwar vom 12. Jahrhundert an, Germanen, insbesondere der Schwert- und Deutschherrenorden und die Hansa, welche von den Ostseeufern aus die abendländische Bildung den slawischen Stämmen zuführten. Riga und Nowgorod erhoben sich als Verkehrszentren zu großer Bedeutung, wozu hinsichtlich Rigas die Schaffung von Straßen und die Einrichtung einer Staatspost durch den Deutschherrenorden manches beitrug. Die bereits seit dem 9. Jahrhundert bekannte Stadt Nowgorod war insbesondere für den hanseatischen Handel von Wichtigkeit. Die Waren gingen von hier nicht nur auf dem Landwege ab, sondern auch per Schiff und zwar nach dem Ladogasee und durch die Newa nach der Seeküste; den gleichen Weg schlugen die importierten Waren ein. Von Nowgorod erstreckte sich die Straße bis nach Wjätka und nach der Hauptstadt des silber- und pelzreichen Fürstentums Perm, einem Stapelorte des Pelzhandels des Kamagebietes. Im Wolgabecken stritten Twer an der Wolga und Wlademir um den Vorrang miteinander. Um die Mitte des 12. Jahrhunderts wurde Moskau von Kiew aus gegründet und erlangte infolge seiner günstigen Lage eine immer größere Bedeutung. An der unteren Hälfte der Wolga entstanden die beiden hervorragenden Plätze Bolgar, die bulgarische Reichshauptstadt, und Sarai, die mongolische Residenz der Tatarenchane. Als östlichster Sammelpunkt für den Warenaustausch zwischen dem unteren Wolga- und Dongebiet und dem byzantinischen Reich, sowie als Seehandelsplatz der Republiken Genua und Venedig bildete sich Tana am Asowschen Meer, das heutige Asow aus. Auf der Krim wurde Kertsch und besonders

Soldaja durch die Venezianer emporgebracht. Im Südwesten Rußlands entwickelte sich Kiew, das aus einem Fährhause erwuchs, zu einem bedeutenden Handelspunkte. Am oberen Dnjepr erlangte Smolensk besondere Bedeutung. Der Transport zwischen vorstehend genannten Orten wurde auf weiten Strecken unter Benutzung der Wasserwege zurückgelegt.

Die Entdeckung des Kaps der guten Hoffnung und die Erschließung eines neuen Seewegs nach Indien gab der alten schon im Niedergang begriffenen Herrlichkeit Venedigs einen sehr empfindlichen Stoß. Hatte sich auch in einzelnen der an der atlantischen Küste belegenen Städte bereits ein ausgedehnter Handel und eine nicht ganz unbedeutende Schiffahrt entwickelt, so konnten diese Orte doch keinerlei Vergleich mit der Handelsbedeutung verschiedener italienischer Städte, namentlich also nicht mit Venedig aushalten. Die unaufhörlichen, aus gegenseitiger Eifersucht entsprungenen Kämpfe Venedigs und Genuas hatten für beide die nachteiligsten Folgen, welche auch für das übrige Europa nicht ohne Einfluß blieben. Statt mit vereinten Kräften das Vordringen der Osmanli zu verhindern, lähmten sich die beiden Republiken in ihrem blinden Eifer, sich zu schaden. Bereits 1350 faßten die Türken festen Fuß auf europäischem Boden, aber selbst als von dem griechischen Reich nur noch die Hauptstadt bestand und der italienische Handel auf dem Schwarzen Meer eine außerordentliche Einschränkung erlitten hatte, glaubte Genua noch seinen Vorteil dabei finden zu können, wenn es die Türken in der Eroberung Konstantinopels unterstützte. Nach der Besitznahme von Konstantinopel breiteten die Türken ihre Herrschaft in dem Gebiet des einstigen byzantinischen Reiches immer weiter aus, auch die von den verschiedenen italienischen Städten besetzten Inseln des Ägäischen Meeres fielen nur allzubald in die Hände der Osmanen. Der adriatischen Republik blieb schließlich nur der Handel nach Ägypten übrig.

Das Vordringen der Türken hatte die außerordentliche Folge, daß der Welthandel mit Indien in empfindlichster Weise gestört wurde. Es kam hinzu, daß etwa um dieselbe Zeit die Tataren die alten russisch-indischen Wege versperrten. Von selbst mußte sich die Frage aufdrängen, ob kein anderer Weg als über die Levante oder durch Mittelasien nach Indien erschlossen werden könnte. Den Portugiesen war es beschieden, diese große geographische Aufgabe glücklich ihrer Lösung entgegenzuführen. Portugal hatte bisher von seiner günstigen Lage am Meer wenig Vorteil gehabt und im Weltverkehr eine nur sehr untergeordnete Rolle gespielt. Weder mit der wichtigen Hansa noch mit den Handelsstädten des Mittelmeers hatten die Portugiesen bis dahin in Wettbewerb zu treten vermocht. Streng achteten die Venezianer darauf, daß die von ihnen nach den Niederlanden ausgeführten Waren nicht auf den Zwischenmarkt in Lissabon gebracht wurden. Mit einem Schlag änderten sich die Verhältnisse, als Vasco de Gama im Jahre 1497 das Streben nach einem neuen Weg nach Indien durch die Umschiffung Afrikas glücklich erfüllte. Lissabon trat als Handelsplatz immer mehr in den Vordergrund.

Die Entdeckung Amerikas (1492) hatte in Verbindung mit der 5 Jahre später eingetretenen Landung der ersten portugiesischen Flotte (unter Vasco de Gama) in Kalikuta eine weitreichende Umwälzung auf dem Gebiete des Verkehrs, des Handels wie überhaupt in den Weltverhältnissen im Gefolge. Mit dem Hinzutreten der Neuen Welt und der hierdurch eintretenden Befahrung der gesamten Erde mußte der Welthandel im alten Sinne, d. h. die Verkehrsvermittelung zwischen den beiden äußersten Enden des bis dahin bekannt gewesenen Länderkreises sein Ende erreichen. Zu den von den neuen Verhältnissen in sehr günstiger Weise betroffenen Ländern gehörten neben Portugal und Spanien namentlich die Niederlande und England.

Jahrhunderte hindurch war die Nordsee von weit geringerer Bedeutung für den Seeverkehr als das baltische Meer gewesen. Noch im 15. Jahrhundert soll beispielsweise die Bürgerschaft Londons nur 4 Seeschiffe besessen haben, deren Tragfähigkeit 120 t erreichte. Hatte Flandern, sehr zu dem Mißvergnügen der italienischen Seestädte, bereits früher begonnen mit Lissabon in direkte Handelsbeziehungen zu treten, so nahm dieser Handel nunmehr einen größeren Umfang an. Als die Portugiesen sich zum Herrn der gesamten indischen Meere gemacht hatten — in ihren Händen befand sich Goa, Ormus,

der Haupthafenplatz am Persischen Meerbusen, die Insel Socotora am Eingang des Roten Meeres — war den Venezianern die Warenzufuhr abgeschnitten, und auch sie wurden auf den Markt von Lissabon angewiesen.

Da auch die Mameluken in Ägypten die Schmälerung ihrer Einnahme stark verspürten, so ward es den Venezianern nicht schwer, die Herrscher von Ägypten, Jemen, Arabien und Guzerate zu einem Kriegszuge in den indischen Gewässern gegen die Portugiesen zu bewegen. Das Unternehmen war jedoch nicht von dem gewünschten Erfolg gekrönt. Mit dem Einzug der Türken unter Selim in Kairo und dem Ende der Mamelukenherrschaft am Nil erreichte auch der Zwischenhandel am Nildelta sein Ende. Das stolze Venedig sank immer tiefer, und das Mittelmeer verödete mit seinem Niedergang immer stärker, wogegen der Schiffsverkehr im Atlantischen Ozean, nicht am wenigsten durch die Entdeckung Amerikas eine ständig wachsende Bedeutung gewann. Die immensen Vorteile, welche die Auffindung des Seewegs nach Ostindien für die Portugiesen im Gefolge hatte, traten nicht in gleicher Weise sofort für die Spanier durch die Entdeckung Amerikas hervor. Die Bevölkerung des neu entdeckten Erdteils stand auf einer weit niedrigeren Stufe der Kultur als die Bewohner Ostindiens. Weder die Bebauung und die Ausbeutung des Bodens, noch die industriellen Fertigkeiten der Bewohner ließen den Vergleich mit jenem Lande zu. Das Trachten der Spanier ging, nachdem die ersten Entdecker als Frucht ihrer Abenteuer Goldkörner mit nach Hause gebracht hatten, in immer stärkerem Grade auf die Gewinnung der edlen Metalle, Gold und Silber. Die Gier nach Edelmetallen überwucherte alle anderen Bestrebungen, und von ihr wurden alle ergriffen, die in spanische Dienste traten. Aber, wie so vielfach im Leben, so auch hier, der ungeheuere und unerwartete Reichtum erwies sich als eine verhängnisvolle Gabe. Nicht länger als ein Jahrhundert dauerte die Periode des Glanzes und der Macht, in welcher Spaniens Handelsbeziehungen diejenigen aller anderen Länder an Wichtigkeit und Bedeutung übertrafen. Unter der schimmernden Hülle verödete das Land, verfiel seine Industrie, ging der Ackerbau zu Grunde, verbarg sich die Armut und das Elend des Volkes.

Während sowohl Spanien als das seit 1580 mit der spanischen Krone vereinte Portugal sich nicht lange ihrer Handelsherrlichkeit erfreuten, wußten die Niederländer und Engländer sich die veränderten Verhältnisse dauernder zu nutze zu machen. Durch den regen Verkehr mit den Portugiesen bildeten sich die Häfen der Niederlande: Brügge, Gent, Antwerpen zu bedeutenden Stapelorten aus, nach denen die spanischen und portugiesischen Schiffe die Waren aus Indien und dem südlichen Europa und die Ostseefahrer die Waren aus Rußland und den nördlichen Ländern brachten, und nach welchen Orten die kostbaren Weine des Rheins und der Mosel, sowie das Holz der deutschen Hochwälder geschafft wurden. Antwerpen wurde unter Karl dem Fünften die erste Handelsstadt der Welt. Im ersten Jahrhundert scheint hier schon ein Anladeplatz gewesen zu sein, am Ende des 10. Jahrhunderts wurde eine Burg errichtet, aber erst mit dem 13. Jahrhundert nahm Antwerpen den Charakter als wirkliche Stadt an, die infolge der günstigen Wasserverhältnisse der Schelde immer mehr aufblühte. Bis zum Ende des 15. Jahrhunderts verdankten die niederländischen Städte ihren aufblühenden Zustand jedoch nicht der merkantilen Rührigkeit sondern der Industrie.

Bis über die Mitte des Mittelalters hinaus waren Städte, die durch eine kurze künstliche Wasserstraße mit dem Meere in Verbindung standen, Plätzen gegenüber, welche direkt am Meere oder an buchtenartigen Erweiterungen von Flüssen lagen, keineswegs im Nachteil. Die Seeschiffe dieser Zeit besaßen verhältnismäßig unbedeutende Dimensionen, und deren geringer Tiefgang bedingte daher nicht den enormen Arbeitsaufwand, wie solcher bei gleicher Lage heute erforderlich ist, gehört doch jetzt die Herstellung der großen Seekanäle mit zu den bedeutendsten technischen Leistungen. Die Zeit selbst war in dieser Periode auch noch nicht ein so kostbares Gut wie gegenwärtig, und man erblickte in einer Verlängerung der Fahrzeit und in der Vornahme von Umladungen auf dem Transport nicht einen so großen Nachteil wie wir heutzutage.

Durch die Kriege mit den Spaniern (unter Philipp II) sank die Größe und Handelsblüte Antwerpens dahin, und an die Stelle dieser Stadt trat die Hauptstadt der jungen

Republik, **Amsterdam**. Während Antwerpen nur immer Zwischenplatz gewesen war, befand sich Amsterdam bald im Besitze einer Handelsflotte, wie sie in Europa noch nie gesehen worden war. In Holland fanden die vertriebenen oder dem spanischen Joche freiwillig entflohenen Fabrikanten und Handeltreibenden der spanischen Niederlande Aufnahme. Der kühne Unternehmungsgeist der Holländer ließ sie mit beiden Indien direkte Handelsbeziehungen anknüpfen. Amsterdam wurde die Handels-Metropole Europas, und die Reichtümer, welche daselbst erworben wurden, übertrafen alles früher Dagewesene. Mit dem 17. Säkulum erreichten Handel und Schiffahrt in den Niederlanden ihre höchste Blüte.

In der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts sank die holländische Republik von ihrem Höhepunkt herab. Die von Oliver **Cromwell** im Jahre 1651 erlassene **Navigations-**

9. **Pont du Beguinage zu Brügge.**

akte war der härteste Schlag. Nach diesem Gesetz durften fortan die in englischen Häfen einlaufenden fremden Schiffe nur Waren, welche in ihrem eigenen Lande gebaut oder verfertigt waren, einführen. Den Holländern war hiermit die Möglichkeit abgeschnitten, die bisher betriebene lebhafte Frachtschiffahrt und den Handel zwischen England und dessen Kolonien sowie mit den europäischen Ländern fortzusetzen. **England** trat an die Stelle, welche bisher die Niederlande im Welthandel eingenommen hatten, **London** besaß fortan die Bedeutung, die bisher Amsterdam gehabt hatte.

England hatte jahrhundertelang gleichsam abseits von der Welthandelsstraße gelegen. Weder seine Schiffahrt noch seine Industrie wies eine besondere Leistungsfähigkeit auf. Bis fast gegen Ende des 17. Jahrhunderts ward England besonders aus Schweden und Deutschland mit Eisen versorgt. Kleiderstoffe bezog England bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts aus Belgien, Seide aus Frankreich und Messerwaren aus Italien. Nur langsam vollzog sich in diesen Verhältnissen eine Umwandlung. Durch die Vermehrung der Beziehungen mit den aufblühenden Kolonien in Nordamerika, in

Digitized by Google

welchem Lande sich eine Anzahl am Meere belegene Orte wie Charlestown, Philadelphia, New York, Boston, Quebek in verhältnismäßig kurzer Zeit zu angesehenen Handelszentren entwickelten, trat allmählich eine Verschiebung in den bisherigen Handelsverhältnissen Englands ein. An die Stelle, welche bis dahin Bristol innegehabt hatte, trat Liverpool, das sich in rascher Folge zur dritten Stadt des Landes erhob. Gleichzeitig mit der Entwickelung Liverpools nahm das Hinterland dieses Ortes einen außerordentlichen Aufschwung. Durch die Erfindung der Erzausbringung mittels Steinkohle erhielten die „schwarzen Diamanten“ eine bis dahin nicht geahnte Bedeutung. Diese wichtige Erfindung war gegen das Jahr 1620 von Dud Dudley gemacht worden, aber erst in der Mitte des 17. Jahrhunderts wurde die Kohlenverwendung im Eisenhüttenbetrieb allgemeiner. Die Steinkohle wurde allmählich ein Hauptfaktor für das gesamte Industriewesen, und deren Gewinnung nahm einen immer größeren Umfang an. Im 18. Jahrhundert begann in England jene Entwickelungsperiode, welche die für die heutigen Verhältnisse grundlegenden Leistungen und Erzeugnisse schuf.

In einer bewunderungswerten Art und Weise arbeiteten sich während der hier in Betracht kommenden Jahrzehnte in England die einzelnen Zweige der Ingenieurtechnik in die Hände. Während 1740 die Eisenproduktion Englands nur 17 130 t betragen hatte, stieg sie im Jahre 1796 bereits auf 127 200 t. Von besonders weitreichendem Einflusse erwies sich die Wattsche Dampfmaschine; durch sie konnten die zahlreichen in diese Zeit fallenden Erfindungen, besonders diejenigen auf dem Gebiete des Spinnens und Webens, voll ausgenutzt werden. Diese Entwickelung übte nach den verschiedensten Richtungen hin ihren Einfluß aus. Auf die Beschleunigung dieses Prozesses wirkten die sich anbahnenden Umbildungen in den staatlichen Anschauungen mächtig ein. Immer allgemeiner erkannte man, daß man in der Förderung von Handel und Industrie ein Mittel zur Vermehrung der staatlichen Einnahmen und zur Hebung des Nationalwohlstandes besaß, und immer klarer ward der Menschheit die Erkenntnis, daß die vorhandene Armut auf das innigste mit den unausgebildeten Verkehrsverhältnissen zusammenhing, daß die Mangelhaftigkeit derselben die Ursache der gering entwickelten Industriethätigkeit war und einem Gedeihen der Landwirtschaft auf das feindlichste entgegenstand.

Bei der Bedeutung Englands für die Ausbildung der modernen Ingenieurtechnik und damit des heutigen Verkehrswesens ist es gerechtfertigt, die Verhältnisse dieses Landes etwas eingehender zu betrachten, um die während der letzten beiden Jahrhunderte vorgegangenen Umwandelungen in den Verhältnissen der Menschheit klar zu erkennen.

Der Anblick, den England im 17. und während des größeren Teiles des 18. Jahrhunderts darbot, hebt sich gewaltig von dem Bilde ab, welches das moderne England gewährt. Noch nirgends erhoben sich in jener Zeit im Lande Fabrikschlote, die Luft zeigte noch keine Verunreinigung, und die reine und kräftige Luft übte gleichsam eine einschläfernde Wirkung auf die Bevölkerung aus. Nirgends offenbarte sich etwas von der Hast und Eile unserer Tage. Langsam und doch nicht sicher bewegten sich die wenigen Wagen auf den nicht zahlreichen Straßen. Die Räuber spielten bis zum 18. Jahrhundert eine große Rolle, der berittene Räuber befand sich auf jeder Hauptstraße, und es ist nur zu erklärlich, daß Räubergeschichten stets gern und gläubig angehört wurden.

Wie in anderen Ländern, so waren auch in England die Flüsse in früheren Zeiten durch Wasserfänge und Dämme für die Schiffahrt unbrauchbar gemacht worden. Jedoch bereits im Jahre 1351 war in diesem Lande in rücksichtslosester Weise die Entfernung aller Schiffahrtshindernisse zur Durchführung gekommen, ohne daß den Betroffenen eine Entschädigung gewährt worden war. Im Jahre 1427 wurden für die Regulierung der Flüsse und zur Beseitigung der Überschwemmungsgefahr fünf Kommissionen eingesetzt, die eine unumschränkte Vollmacht erhielten. Die Thätigkeit dieser Kommissionen erstreckte sich auf den Lea, die Themse, den Severn und das Stour-Flüßchen. Mit dem Regierungsantritte Marias (1553) trat in der Entwickelung des englischen Wasserstraßenwesens ein Stillstand ein, und erst die Rückkehr der Stuarts nach Cromwells Tode (1658) brachte einen erneuten Aufschwung. Die Regulierung des Wiltshire-Avon-Flusses leitete die neue Ära ein. Die Schiffbarmachung des Medway ist deshalb besonders erwähnenswert, weil hierbei zum erstenmal diejenige Form der „Inslebenrufung“ derartiger

Unternehmungen Anwendung fand, der in der Folgezeit die weitaus größte Zahl der englischen Wasserstraßen ihre Ausnutzungsfähigkeit verdankte. Im Jahre 1660 traten nämlich eine Anzahl der an der Schiffahrt auf dem Medway Interessierten zusammen und beantragten beim Parlament die Genehmigung zur Regulierung durch Vertiefung, Erweiterung und Geradelegung des Flußbettes. Als Äquivalent erbaten sich die Unternehmer die Erlaubnis zur Erhebung gewisser Zölle. Im Jahre 1664 wurde die parlamentarische Sanktion erteilt. Im Anschlusse und in Anlehnung an dieses Unternehmen ward in der Folgezeit die Regulierung der Flüsse Bure, Yare, Avon, Frome, Fal, Bal, Wavenay, Aire und Calder beschafft.

Englands Bedeutung in der Geschichte des Verkehrs liegt zwar in erster Linie auf dem Gebiete der Schiffahrt, immerhin ist dieses Eiland von einer Größe, daß auch der innere Verkehr, wenn auch von untergeordneter Bedeutung, die Schaffung von Verbindungswegen bedingte. In früherer Zeit war England ein ackerbautreibender Staat, und der Pflege der Landstraßen mußte aus diesem Grunde Beachtung geschenkt werden.

10. Niederlagegebäude in Birmingham 1780. Nach Hogreve.

Die ältesten Wege Englands waren die sogenannten Spur- oder Rainwege. Dieselben folgten den natürlichen Rainen des Landes und mögen in früheren Zeiten als örtliche Grenzen gedient haben. Wie in anderen Ländern, so ergingen auch in England von den Herrschern zahlreiche Befehle, welche sich auf die Anlegung und Unterhaltung der Wege bezogen. Nach der Verfügung Heinrichs I. (gest. 1135) sollten die Hauptstraßen so breit sein, daß sich zwei Wagen ausweichen konnten. Ein Gesetz aus dem Jahre 1285 ordnete die Entfernung der Bäume und Büsche längs der Straßen in einem beiderseitigen Abstand von 200 Fuß an. Es geschah dieses, um die den Passanten durch Räuber drohenden Gefahren abzuschwächen. Die Wegeverhältnisse Englands blieben trotz aller Bemühungen im allgemeinen das ganze Mittelalter hindurch sehr trostlose und ließen auch späterhin sehr viel zu wünschen übrig. Selbst noch bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts waren die nach Birmingham, eine der regsamsten Städte des Königreiches, führenden Wege durch die Hufe der Packpferde und durch die Regengüsse in dem sandigen Boden derartig ausgetieft, daß sie stellenweise 12 bis 14 Fuß unter Geländefläche lagen und man von den Reisenden sagte, sie näherten sich der Stadt in Minen. Der Schriftsteller Arthur Young erklärte noch um das Jahr 1780, daß es im Winter wohl gleich viel kosten dürfte, ob man die Wege fest oder schiffbar mache. Selbst auf den besten Verbindungsstraßen waren durch die Wagen tiefe Gleise eingeschnitten. Die Abhänge waren steil und der Weg meistens derart, daß er in der Dunkelheit von dem anliegenden Heide- und Sumpfland

Digitized by Google

kaum zu unterscheiden war. Nur bei schönem Wetter war die ganze Wegebreite für Räderfuhrwerk zu gebrauchen. Meistens lag rechts und links tiefer Kot, und nur ein schmaler Streifen festen Bodens erhob sich über dem Sumpfe. Bei einer solchen Wegebeschaffenheit war es unvermeidlich, daß häufig Wegeversperrungen und Zänkereien vorkamen und daß nicht selten der ganze Weg lange Zeit hindurch von Fuhrleuten besetzt war, von denen keiner ausweichen wollte. Alltäglich saßen die Kutscher fest, aus einem benachbarten Pachthause mußte alsdann ein Gespann herbeigeschafft werden, um den Wagen aus dem Schlamme herauszuarbeiten. Das Reisen auf solchen Wegen war mit den denkbar größten Unbequemlichkeiten verbunden. Die große Straße durch Wales nach Holyhead war in einem solchen Zustande, daß der Vizekönig im Jahre 1685 fünf Stunden brauchte, um $22^{1}/_{2}$ Kilometer zurückzulegen. In Conway wurden die Wagen auf jener Strecke gewöhnlich auseinander genommen und auf den Schultern stämmiger wallisischer Bauern bis zur Menaistraße getragen. An dem schlechten Zustande der Straßen war nicht am wenigsten der Umstand schuld, daß die Kirchspiele die sie durchziehenden Straßen zu bauen und zu unterhalten hatten. Die Bauernschaft mußte sechs Tage im Jahre unentgeltlich daran arbeiten. Genügte deren Leistung nicht, so wurden gemietete Arbeitskräfte benutzt und die Kosten durch eine Kirchensteuer gedeckt. Es war unleugbar eine Ungerechtigkeit, daß die Landstraßen zwischen den Städten auf Kosten der zwischen ihnen liegenden zerstreuten ländlichen Bevölkerung unterhalten wurden. Nach der Restauration wurde ein Landstraßengesetz erlassen, wonach von den Reisenden und für Waren eine Abgabe zu entrichten war. Gleichzeitig wurde durch Parlamentsbeschluß die Einführung von Schlagbäumen festgesetzt. Das Volk wollte jedoch den damit geschaffenen Zoll nicht tragen und zerstörte die Schlaggitter zu wiederholten Malen.

Alle diese Umstände trugen in England in gleicher Weise, wie solches für andere Länder zutrifft, dazu bei, daß das Verkehrsleben im Inneren des Landes sehr wenig ausgebildet und daß den wenigsten Menschen ein Hinaustreten aus dem Orte ihrer Geburt beschieden war. Der Mangel an brauchbaren Wegen beherrschte das gesamte Leben und drückte ihm seinen Stempel auf. Eng umgrenzt war der Blick des einzelnen, und die Welt mit ihrem Getriebe war für die meisten Menschen ein unaufgeschlossenes Land. Nur selten drang von auswärts eine Kunde, und die Ereignisse waren am Thatorte fast vergessen, wenn die Nachricht davon nach den entlegenen Stätten gelangte. Die Kirchturmspolitik und der Lokalpatriotismus konnten sich zur höchsten Blüte entfalten, jeder konnte mit Recht seine Ortsverhältnisse für die besten und schönsten der Welt halten, da er von den übrigen nichts sah, selten etwas hörte. Leicht war es, dem Leben einen patriarchalischen Charakter zu wahren, Meister und Gesellen wohnten unter einem Dache und aßen aus einer Schüssel. Die Lebenserfahrungen des einzelnen waren gering, Sitten und Gewohnheiten nicht der feinsten Art.

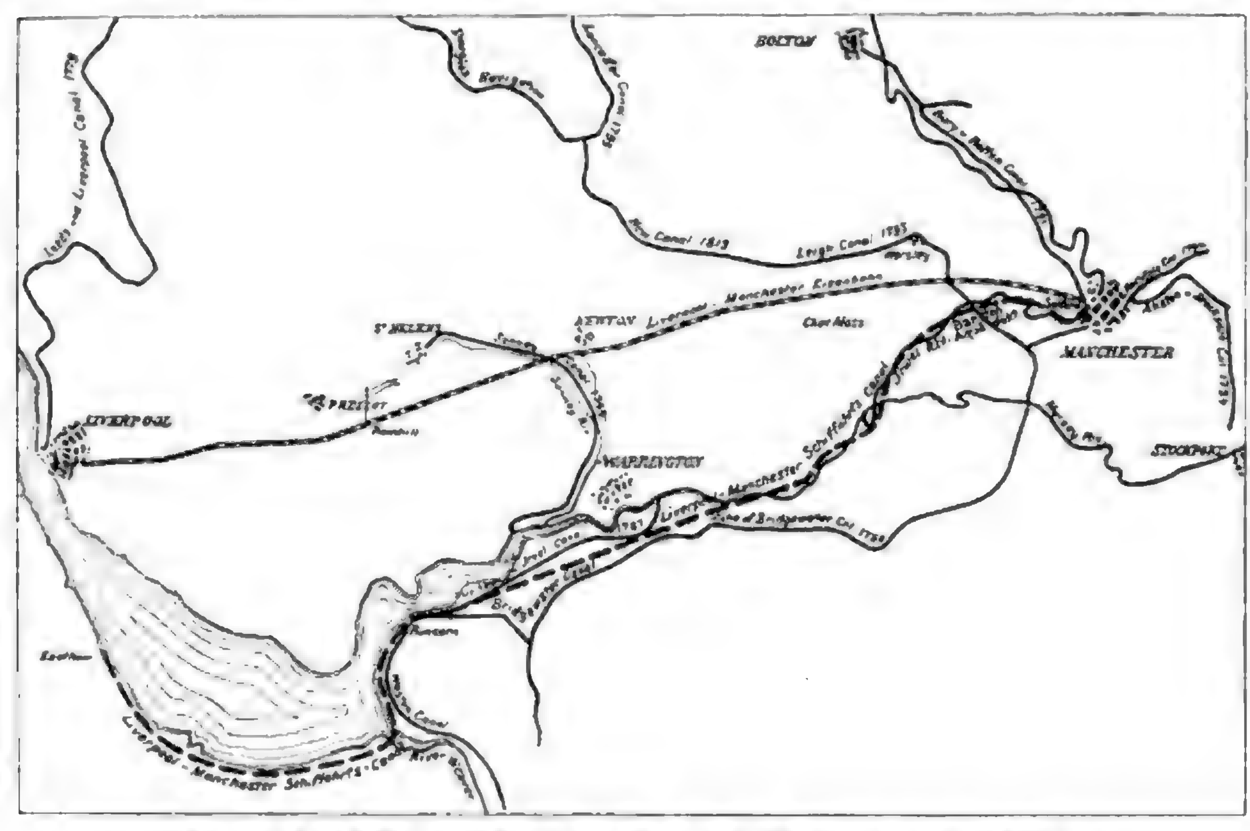
Infolge der durch die schlechte Beschaffenheit der Wege verursachten hohen Transportkosten mußte der größte Teil der Menschen auf Hunderte von Gegenständen verzichten, deren Benutzung heute als selbstverständlich gilt. Selbst viele Edelleute besaßen im 17. Jahrhundert noch nicht viel mehr als Bett, Tisch, Stuhl und Truhen. Die Bequemlichkeit war unzähligen Menschen ein ungekannter Genuß. Dem Leben, welches gleichmäßig dahinfloß, war zwar die Nervosität unserer Zeit nicht eigen, ihm fehlte aber auch das meiste, wodurch uns dasselbe reizvoll erscheint. Die wenigen Gegenstände des täglichen Gebrauches waren äußerst einfach und unausgebildet. Die Töpferei befand sich auf ihrer kunstlosesten Stufe, Holz-, Zinn- und selbst Ledergefäße bildeten den Hauptteil der Hausstandsgegenstände und die Tischgeräte von wohlhabenderen und gebildeten Familien. Hausierer, welche gleichzeitig die Beförderer der Nachrichten von Ort zu Ort waren, versahen die Bewohner mit den erforderlichen Waren, in den meisten Ortschaften gab es keine Läden. Die land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnisse konnten nur in ungenügender Weise verwertet werden. In Schottland, welches Land reich an gutem Bauholz ist, brachte man nur die Baumrinden auf dem Rücken der Pferde nach der Stadt und ließ das übrige verfaulen. Auf dem Rücken der Pferde mußten Korn und Wolle fortgeschafft werden, und mittels Tragkörben empfing London einen erheblichen Teil seiner

Lebensmittel. In Körben schleppte man den Dung auf die Felder, und in Körben wurden die Steinkohlen aus den Gruben geholt. Nicht selten herrschte im Winter ein Mangel an Feuerungsmaterial, trotzdem ungeheure Kohlenmengen im Boden Englands lagerten. Selbst Manchester, in dessen fast unmittelbarer Nähe sich ausgedehnte Kohlenlager befinden, war nur zu oft nicht genügend hiermit versorgt. Dem Transporte auf der wenige Meilen langen Flußstrecke standen scheinbar unüberwindliche Hindernisse im Wege. Hierdurch stieg der Preis der Kohlen in Manchester gewöhnlich auf mehr als das Doppelte ihres Wertes an der Gewinnungsstelle. Teuerungen und Hungersnot waren an der Tagesordnung, und fast ausschließlich müssen dieselben den mangelhaften Wegeverhältnissen zugeschrieben werden. Die unaufgeklärte Menge machte nur zu häufig Kornhändler, Müller und Bäcker dafür verantwortlich und nahm blutige Rache an denselben.

Nicht besser als die Wege waren die Transportmittel. Die Wagen besaßen noch immer keine Federn, und diese eine Thatsache läßt erkennen, daß das Reisen selbst bei besseren Wegeverhältnissen kein Vergnügen bereitet hätte, unter den obwaltenden Umständen aber als eine heroische Handlung zu betrachten war. Wenn man konnte, legte man daher auch in England die Reise zu Pferde zurück. Der Wagen der Königin Elisabeth soll einer der ersten in England gewesen sein. Unter der Regierung Jakobs wurden bedeckte Wagen eingeführt, in welchen Reisende befördert wurden. Diese Wagen durchfuhren an den längsten Sommertagen zwei bis drei deutsche Meilen. Unmittelbar nach der Restauration ging eine Dillgence von London nach Oxford; sie gebrauchte für diese Strecke zwei Tage. Die Passagiere übernachteten in Beaconsfield. Im Jahre 1669 wurde eine kühne Neuerung versucht. Die „fliegende Kutsche" legte die Reise zwischen Sonnenaufgang und -Untergang zurück. Auch nach Einführung der sogenannten Landkutschen kam es noch häufig vor, daß die Fahrgäste ausstiegen und den größten Teil des Weges marschierten. Die Einführung der Landkutschen muß als ein erheblicher Fortschritt auf dem Gebiete der Verkehrsvermittelung betrachtet werden, und diese Neuerung rief, wie jede derartige Erscheinung, einen gewaltigen Sturm hervor. Die Neuerung wurde für das größte Mißgeschick erklärt, welches sich je in England ereignet habe. Nicht nur für das Publikum selbst seien die Landkutschen ein Unglück, so behaupteten deren Gegner, sondern für den gesamten Handel, den sie unbedingt zerstören würden. Die Gegner führten aus, daß sich die Reisenden in der Zukunft keine Schwerter und Pistolen mehr zu kaufen brauchten und daß deren Kleider so sehr geschont würden, daß eine Erneuerung viel seltener erforderlich wäre, wie auch der Verbrauch von Wein und Bier in den Gasthöfen bedeutend geringer werden müßte. Die Menschheit selbst, so hieß es, würde verweichlichen, da das Reiten abkäme und damit die Menschen entwöhnt würden, Frost, Hitze, Schnee oder Regen zu ertragen, wie dieselben überhaupt nicht mehr in die beneidenswerte Lage versetzt würden, auf den Feldern kampieren zu müssen. Um das Riesenhafte des bevorstehenden nationalen Niederganges darzuthun, wurde angeführt, daß zwischen den Städten York, Chester, Exeter und London nicht weniger als 36 Personen wöchentlich reisten, was im Jahre die enorme Zahl von 1872 Personen ergebe!

Direkte Verbindungen zwischen London und den bedeutendsten Städten des Landes wurden zum größten Teile erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts eingerichtet. Zwischen Birmingham und London wurde 1747 eine solche geplant. Eine Kutsche sollte in zwei Tagen den Weg zurücklegen, d. h. wenn dessen Zustand es erlaubte. Im Jahre 1755 bestand noch keine Verbindung zwischen Glasgow und London. Watt, welcher um diese Zeit zwischen den beiden Orten reiste, mußte den Weg zu Pferde zurücklegen und brauchte vierzehn Tage dazu. Daß unter solchen Umständen in Glasgow, welche Stadt keine eigene Zeitung besaß, eine Londoner Zeitung, die acht Tage alt war, als eine Neuigkeit angesehen wurde, kann wohl als selbstverständlich betrachtet werden. Zwischen Liverpool und Manchester lief erst 1767 eine Landkutsche. — Um das Jahr 1700 brauchte man nach London: von York acht Tage, von Turnbridge Wells, welcher Ort jetzt in einer Stunde erreichbar ist, zwei Tage, von Dover drei Tage, von Exeter fünf Tage. Im Jahre 1763 brauchte noch die Landkutsche, welche monatlich einmal von Edinburg nach London fuhr, zur Zurücklegung des Weges zwölf bis achtzehn Tage.

Ähnlich waren die Verhältnisse in anderen Ländern. In Deutschland war die gewöhnliche Landpost auch noch in der Mitte des 18. Jahrhunderts ein sehr langsames, unbehilfliches Beförderungsmittel. Wer bequem reisen wollte, nahm Extrapost. Kunststraßen waren bis zum Siebenjährigen Kriege nicht vorhanden, erst nach diesem Kriege begann man in Deutschland Chausseen zu bauen. Zu weiten Reisen wurden nicht selten eigene Wagen gekauft und nach deren Beendigung wieder verkauft. Zwischen Orten mit starker Verbindung gingen außer der ordinären Post auch konzessionierte Landkutschen an bestimmten Tagen und vermittelten vorzugsweise den Personenverkehr des Volkes. Von Dresden nach Berlin ging im Jahre 1750 alle 14 Tage, nach Altenburg, Chemnitz, Freiberg, Zwickau einmal wöchentlich eine Kutsche. Die durchschnittlich täglich zurückgelegte Wegeslänge betrug fünf Meilen. Wie Gustav Freytag in seinen „Bildern aus dem Leben des deutschen Volkes" berichtet, fand Klopstock, als er im Juli 1750 mit Gleim in leichtem Wagen, durch vier Pferde gezogen, von Halberstadt nach Magdeburg



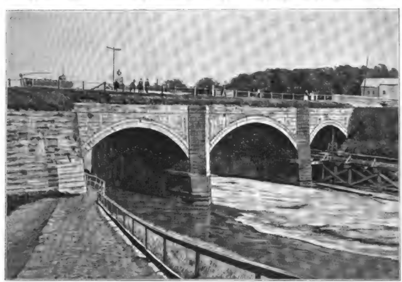
11. Lageplan des Bridgewater-Kanals, des Manchester-Seekanals und der Eisenbahn.

6 Meilen in 6 Stunden fuhr, diese Schnelligkeit so außerordentlich, daß er sie mit dem Wettlauf der Olympischen Spiele verglich.

Im Jahre 1784 war es, daß die erste mail-coach (nach Palmers System) zwischen London und Bristol fuhr und eine neue Ära auf dem Gebiete der Verkehrsvermittelung einleitete, nachdem wenige Jahrzehnte früher auf gewerblichem und industriellem Gebiet der im Vorangegangenen erwähnte bedeutungsvolle Umschwung eingetreten war. Dem aufblühenden Handel und der mächtig aufstrebenden Industrie genügten die bisherigen kümmerlichen Transportverhältnisse nicht, Straßen und Kanäle kamen in großer Zahl zur Ausführung. Im besonderen Maße machte sich das Bedürfnis nach einer allen Ansprüchen genügenden Verbindung zwischen Liverpool und Manchester geltend. Die Verweigerung der Frachtermäßigung für die Boote des Herzogs von Bridgewater auf dem einer Gesellschaft unterstehenden Mersey führte zur Schaffung des Bridgewater-Kanals, auf dem am 17. Juli 1761 das erste Kohlenboot nach Manchester fuhr. Dieser Kanal erwies sich für das Verkehrswesen von besonderer Bedeutung. In England, in welchem Lande der Kanalbau in der Folgezeit einen außergewöhnlichen Aufschwung nahm, erfolgte der Beginn in einer sehr bescheidenen Weise. Zwar besaß England infolge seines

Digitized by Google

großen Reichtums an Buchten mit anschließenden schiffbaren Flußstrecken, d. h. seiner günstigen natürlichen Verhältnisse, frühzeitig eine ausgedehnte Binnenschiffahrt, doch war für deren Ausdehnung tief in das Land hinein die Schiffbarmachung von Flüssen nicht zu umgehen. Derartige Regulierungsarbeiten haben bereits auf S. 30 u. 31 Erwähnung gefunden. Im Jahre 1720 erhielt eine Gesellschaft das Recht zur Schiffbarmachung des Irwell und Mersey. Die ausgeführten Arbeiten bestanden jedoch nur darin, daß an den ausgewählten Stellen hölzerne Kastenschleusen angelegt und die seichtesten Stellen der Flußläufe etwas ausgetieft wurden. An einigen wenigen Stellen wurden Ladeplätze hergestellt. Weder eine Begradigung des Flußlaufes erfolgte, noch wurden Ziehpfade angelegt. Trotz der schlechten Beschaffenheit der Flußstrecken bestand die Gesellschaft in rigoroser Art und Weise auf der Erhebung der ihr vom Parlament zugebilligten Gebühren. Die Halsstarrigkeit der Mersey Company, welche dem Herzog von Bridgewater, dem



12. Alter Barton-Aquädukt.

Besitzer ausgedehnter Minen, für seinen Gütertransport keine Erleichterungen gewähren wollte, führte zu der Anlegung des Bridgewaterkanals. Wenn auch dieser Kanal nicht der erste in England war, indem bereits im Jahre 1566 John Trew einen solchen angelegt hatte, so gab doch der genannte Kanal erst den Anstoß zu einer ausgebreiteten Thätigkeit im Kanalbauwesen. In einem nicht geahnten Maße fand mit einem Schlage eine Ausnutzung der in Englands Boden aufgehäuften Schätze statt, und Orte, die bisher außer aller Verbindung mit der Außenwelt gewesen waren, entwickelten sich in raschem Fluge zu bedeutenden Industriepunkten. Muß auch dem Herzog von Bridgewater das Verdienst der Initiative bezüglich seines Kanalprojektes zugesprochen werden, so trugen doch die Leistungen des Ingenieurs James Brindley nicht wenig dazu bei, die Aufmerksamkeit der damaligen Welt auf diesen Kanalbau zu lenken. Die in ihrer Entwickelung mit Riesenschritten forteilende Ingenieurkunst hat zwar seit der Erbauung des, einst als Wunderbau betrachteten, den Kanal in einer Höhe von 12 m über den Irwell führenden „Barton-Aquädukts“ viel großartigere und staunenswertere Bauten geschaffen, doch darf bei der Beurteilung der Leistungen Brindleys der bis dahin tiefe Stand des englischen Ingenieurwesens nicht vergessen werden. Bevor

Digitized by Google

noch der Kanal des Herzogs in der zuerst geplanten Ausdehnung fertiggestellt war, hatte sein Besitzer bereits erkannt, daß es vorteilhaft sein mußte, einen Kanal nach Manchester abzuzweigen, wozu das Parlament 1759 seine Genehmigung erteilte. Fortan entwickelte Brindley im Kanalbau eine sehr ausgedehnte Thätigkeit, und eine stattliche Reihe von Kanälen und anderen Bauwerken verdanken ihm ihre Gestaltung. Brindley starb im Alter von 56 Jahren am 27. September 1772. Als seine Gehilfen waren Männer thätig, die durch ihr eigenes späteres Wirken ihre Namen gleichfalls unvergeßlich gemacht haben; genannt seien: Smeaton, James Watt, Rennie, Clarke, Robert Whitworth, Jessop, Telford.

Ein neues Arbeits- und Ausführungssystem wurde in England eingeführt. Große organisierte und disziplinierte Arbeiterkolonnen unter der Führung und im Dienste großer Unternehmer erschienen auf dem Plane und ermöglichten die Ausführung außerordentlicher Aufgaben, an welchen in der folgenden Zeit wahrlich kein Mangel war. In ununterbrochener Reihe und innerhalb eines ungewöhnlich kleinen Zeitraumes traten Erfindungen und Entdeckungen an den Tag und bewirkten auf den verschiedenen Gebieten Umwandelungsprozesse von so großem Umfange, daß die Erde nicht nur in ihren Verkehrsverhältnissen eine neue Gestaltung erhielt, sondern auch deren Bewohner ein verändertes Dasein begannen. Wenn auch das Kanalbauwesen nicht die Ursache dieses Umwandelungsprozesses genannt werden kann, so war es doch ein Hauptfaktor bei dessen Förderung und Begünstigung. Der Kanalbau des Herzogs bewirkte durch die durch ihn herbeigeführte Frachtermäßigung eine Umgestaltung des Transportwesens. Mit Recht wird daher diese Schöpfung als ein Grenzstein in dem Kulturentwickelungsgange Englands betrachtet. Unternehmungsgeist und Thatkraft traten an die Stelle von Zaghaftigkeit und Unentschlossenheit; Schöpfungen, an welchen man bis dahin ihrer Kosten wegen nicht zu denken gewagt hatte, wurden nun in großer Zahl zur Ausführung gebracht.

Im Jahre 1768 begann unter Leitung des Ingenieurs Smeaton mit einem Kapitalaufwand von 3 000 000 Mark der größte Kanal der damaligen Zeit, der Kaledonische Kanal, der eine Verbindung zwischen der Nordsee und dem Atlantischen Ozean und zwar für Schottland schuf. Dieser Bau gilt als ein Meisterwerk der Technik. Watt, Telford und Jessop waren als Ingenieure thätig. Bis 1780 wurde ein vierfacher Inlandwasserweg von Meer zu Meer geschaffen.

Durch die veränderten Verhältnisse konnte sich Liverpool zum Stapelplatz des ganzen Hinterlandes entwickeln. Die Rohstoffe wurden fortan zu Wasser und billig aus dem Seeschiff nach den verschiedenen Industrieorten und die fertigen Waren auf demselben Weg zurückgebracht, um nach allen Teilen der Erde verschifft zu werden.

Der Ingenieur Telford war der Mann, der auf dem Gebiet des Wegebaues reformierend und selbstschöpferisch vorging. Seine großen Straßenbauten führten in den Verhältnissen vieler Gegenden mancherlei günstige Veränderungen herbei. Kühne Brückenbauten stellten die feste Verbindung zwischen bisher getrennten Landesteilen her. Der Landstraßenverkehr erhob sich zu einer bis dahin niemals erreichten Höhe. Die besten Wagen legten in der Stunde bis $17^1/_4$ km zurück, zwischen London und Birmingham soll sogar eine Geschwindigkeit von 19—25 km erreicht worden sein.

Aber weder die Glanzperiode der Kanäle noch die des Landstraßenverkehrs war von langer Dauer. Ein nach mancher Hinsicht noch vollkommeneres Verkehrsmittel, die Eisenbahn, war berufen, die Wege und Kanäle in den Hintergrund zu drängen. Das Jahr 1820 muß als dasjenige bezeichnet werden, in welchem sich der Sieg der Eisenbahn entschied. Brindley hatte mit hellsehendem Blick bereits diesen Entwickelungsprozeß vorausgesagt. „I see mischief for the canals in those tramroads“ (Ich sehe den Kanälen aus jenen Trambahnen Unheil erwachsen) war sein geflügeltes Wort gewesen. Seit der Eröffnung der Liverpool-Manchester-Eisenbahn im Jahre 1830 hat sich das englische Wasserstraßensystem räumlich nur wenig mehr entwickelt, der Schwerpunkt des Kanalwesens liegt in England seit jenem Jahre in den legislatorischen Maßnahmen, die einerseits die Konkurrenzfähigkeit der Kanäle mit den Eisenbahnen stärkten, anderseits sie gegen die Macht der letzteren schützten.

Die Eisenbahnen haben zwar den Landstraßen ihre Bedeutung als Verbindungsmittel auf ausgedehnten Entfernungen geraubt, aber man irrt sehr, wenn man glaubt, daß diese Verkehrsvermittler vollständig überflüssig geworden sind und der Straßenbau selbst eine Einschränkung erfahren hat. Die Landstraßen dienen zwar vielfach nicht mehr zum Transport schwerer, weit zu befördernder Lasten, aber sie haben als Zubringer der Eisenbahnlinien und als Verbindungswege der einzelnen Orte untereinander außerordentlich an Bedeutung gewonnen. Als Beweis kann die Thatsache gelten, daß z. B. in Deutschland sich die Zahl der Landfuhrwerke nicht vermindert, sondern sogar erheblich vermehrt hat. In Baden hat der Verkehr auf den Landstraßen in der Zeit von 1851—1873 auf 83 % derselben zugenommen oder wenigstens nicht abgenommen, und nur für 17 % der Straßen ist eine Verringerung des Verkehrs festgestellt worden. Letztere Straßen laufen meistens Eisenbahnlinien parallel. Den deutlichsten Beweis der zunehmenden Bedeutung der Straßen liefert jedoch das immer dichter werdende Landstraßennetz selbst. Welche erhebliche Mittel auf den Ausbau und auf die Unterhaltung der Straßen verwendet werden, ergibt sich beispielsweise daraus, daß in Preußen die Wegebaukosten von 1876 bis 1891 rund 445 Millionen Mark betragen haben.

Während Frankreich am Ende des vorigen Jahrhunderts 26 000 km Hauptstraßen besaß, zählte es im Jahre 1870 etwa 86 000 km solcher Straßen, und außerdem bestanden 240 000 km Vicinalstraßen, durch welche alle Dörfer untereinander in Verbindung gesetzt waren.

Für Deutschland ist über die Wegebauten einzelner Bundesstaaten das folgende anzuführen. In Preußen gab es nach den Befreiungskriegen nur 3150 km Chausseen, davon entfielen auf Ostpreußen kaum 10 km. Seit dem Jahre 1876 sind sämtliche Staatsstraßen den Provinzial- resp. den Kommunalverbänden überwiesen. Die Gesamtlänge der Kunststraßen betrug zu diesem Zeitpunkte rund 65 000 km. Bis zum Jahre 1891 war dieses Netz auf 86 500 km angewachsen. Am dichtesten ist das Straßennetz in der Provinz Hessen-Nassau, am wenigsten verzweigt ist es in Pommern und Ostpreußen. Sachsen hat 3642 km Staatsstraßen. In Württemberg besaß das Staatsstraßennetz im Jahre 1895 eine Länge von 2728 km. Baden erfreut sich hinsichtlich seiner Landstraßen mit Recht eines besonderen Rufes. Bis zum Jahre 1898 hatten die Kreisstraßen eine Länge von 1187 und die Kreisgemeindewege eine solche von 4993 km erreicht. In Hessen umfaßte das Kunststraßennetz im Jahre 1896 Staatsstraßen von 1865 und Kreisstraßen von 2322 km Länge. Bayern besitzt Staatsstraßen von 7000 km Länge, daneben bestehen 16 890 km Distriktstraßen.

Mit Recht wird die Erfindung der Eisenbahn immer wieder mit den schönsten Worten gepriesen, gehört sie doch unstreitig zu den weittragendsten Leistungen des menschlichen Geistes, und sie ist als der mächtigste Kulturhebel des modernen Zeitalters zu bezeichnen. In der Geschichte der Zivilisation wird der Entwickelung des Eisenbahnverkehrs stets ein hervorragender Platz gesichert bleiben. Erst sieben Jahrzehnte sind dahingegangen, seitdem das Dampfroß zum erstenmal fauchend über die eiserne Bahn eilte, und schon kann behauptet werden, daß zu keiner Zeit je eine so gewaltige Umgestaltung in allen Verhältnissen der Menschen bewirkt worden ist. Zutreffend hat Buckle in seiner „Geschichte der Zivilisation“ gesagt: „Die Lokomotive hat mehr gethan, um die Menschen zu vereinigen, als alle Philosophen, Dichter und Propheten vor ihr seit Beginn der Welt.“ Der eiserne Kanzler, Fürst Bismarck, sprach am 1. April 1890 die Worte: „Es sind in unserer Zeit zwei Pole, um welche sich die materielle Entwickelung bewegt, Kohle und Eisen. Die Verschmelzung, die Zusammenwirkung dieser beiden Elemente ermöglichte das Eisenbahnwesen, ohne dasselbe würde diese enge Verbindung nicht stattfinden. Erst durch dieses Beförderungsmittel ist die ganze moderne Entwickelung bewirkt worden, und so sind die Eisenbahnen, ihre Leiter und Beamten die eigentlichen Träger der Kultur.“ Durch die Eisenbahn ist nicht nur das Wissen vermehrt und verbreitert, sondern auch ein starker Einfluß auf die gesellschaftlichen Zustände ausgeübt worden.

Die Verbindung der Menschen untereinander hat durch die eingetretene außerordentliche Verbilligung und Erleichterung des Reisens, wie nicht minder durch die ermäßigten Postgebühren eine früher für undenkbar gehaltene Förderung erfahren. Durch die Eisenbahnen ist es erst für den größeren Teil der Menschen möglich geworden, aus

eigener Anschauung fremde Verhältnisse und Einrichtungen kennen zu lernen und persönliche Beziehungen anzuknüpfen. Ohne Eisenbahnen würde die Verbreitung der Zeitungen in dem heutigen Maße nicht ausführbar gewesen und deren in geistiger Beziehung nicht gering anzuschlagender Einfluß nicht zur Wirksamkeit gekommen sein. Die modernen Verkehrsmittel haben jedoch nicht nur in geistiger, sondern auch in sozialer und politischer Beziehung eine ganz eminente Umwälzung in den Verhältnissen herbeigeführt. Die wirtschaftliche Lage der unteren Volksklassen hat unleugbar sowohl durch die vermehrte Arbeitsgelegenheit wie nicht minder durch die möglich gewordene reichlichere und billigere Bedarfsversorgung eine große Besserung erfahren. Hungersnöte, diese so häufigen traurigen Erscheinungen früherer Zeiten, gehören heute in vielen Ländern zu den überwundenen Dingen. Das entwickelte Verkehrswesen hat die entferntesten Länder zu Versorgungsstätten der an Nahrungsmitteln ärmeren Gebiete umgeschaffen. Wie die Eisenbahnen gleichsam eine Allgegenwart der staatlichen Zentralgewalt im Gefolge gehabt, so haben sie auch eine Beteiligung der Völker an der Bearbeitung der Staatsangelegenheiten ermöglicht. Der Einfluß der Eisenbahnen macht sich jedoch nicht nur auf allen Gebieten des Völkerlebens in friedlichen Zeiten geltend, sondern dieses gewaltige Verkehrsmittel übt auch auf den furchtbarsten Zustand, in welchem sich die Völker befinden können, auf den Krieg und dessen Führung, seine Macht aus. In Verbindung mit der Vervollkommnung der Kriegswaffen trägt die Eisenbahn zur Abkürzung der Kriege ganz wesentlich bei, da die durch sie möglich gewordene rasche Zusammenziehung ganz ungeheuer großer Menschenmengen mit Notwendigkeit eine schnelle Entscheidung bedingt.

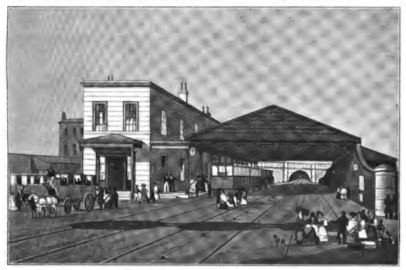
Die Einwirkungen des Eisenbahnbaues lassen jedoch auch noch nach anderer Richtung hin die Eisenbahn als einen außerordentlich mächtigen Kulturfaktor erscheinen. Man kann annehmen, daß der bisherige Eisenbahnbau mindestens 1 Million Arbeiter beschäftigt hat. Die Eisenbahnbauten haben überall zu dem Wohlstande der betreffenden Gegenden beigetragen. Ihr Einfluß auf die Bodenrente läßt sich nach 3 Richtungen hin verfolgen. Die für den Bahnkörper nötigen Grundankäufe bewirken im allgemeinen eine Wertsteigerung, der sogenannte tote Boden gewinnt nicht selten durch die Ausnutzung als Sand- und Lehmlager Wert, und die Forstrente erfährt in der Regel durch den Bezug von Gerüst-, Bau- und Geräteholz, sowie der Bahnschwellen einen Preisaufschwung. Einen ganz besonders starken Einfluß üben die Eisenbahnen auf den Geldmarkt aus, und diesem Einfluß kommt eine große volkswirtschaftliche Bedeutung zu. Recht bezeichnend für die Bedeutung der Eisenbahnen ist der Ausspruch: „Die Menschheit hat durch Stephenson erst gehen gelernt."

Mit außerordentlicher Schnelligkeit, wenn auch unter Überwindung mancher sich entgegenstellender Hindernisse hat die Eisenbahn sich die Welt erobert. Bei der Bedeutung der Eisenbahnen erscheint es erklärlich, daß sie als ein Maßstab für den Kulturstand der einzelnen Staaten betrachtet werden, und der Entwickelung des Eisenbahnwesens bei den verschiedenen Völkern ist daher besondere Beachtung zuzuwenden. Der einst von Stephenson bei einem Mittagsessen mit seinem Sohne und dem Mitinhaber seiner Patente, John Dixon, gethane Ausspruch ist zur Wahrheit geworden. Jene Äußerung lautete: „Ich glaube, ihr erlebt den Tag, wo Eisenbahnen alle anderen Beförderungsarten im Lande ersetzen werden, wo die Postkutschen auf den Schienen gehen und die Eisenbahn die Hauptstraße für König und Unterthan sein wird. Die Zeit wird kommen, wo man billiger mit dem Dampfwagen als zu Fuß reisen kann. Ich weiß es wohl, man wird fast unübersteiglichen Hindernissen begegnen, doch was ich gesagt habe, kommt, so wahr ich lebe. Ich wünschte nur, ich erblickte jenen Tag, ob ich es gleich nicht hoffen darf, denn ich weiß, wie langsam menschliche Fortschritte sich vollziehen und mit welchen Schwierigkeiten ich zu kämpfen gehabt habe, ehe ich es dahin brachte, meine Lokomotiven trotz ihrer mehr als zehnjährigen erfolgreichen Verwendung in Killingworth weiter benutzt zu sehen."

Mit dem vom 6. bis 8. Oktober 1829 stattgefundenen Lokomotivwettrennen zu Rainhill und der Eröffnung der Liverpool-Manchester-Bahn im Jahre 1830 begann der Siegeslauf des neuen Verkehrsmittels, dessen allmähliche technische Ausgestaltung an einer anderen Stelle dieses Werkes geschildert ist. Die Abb. 13 bis 15 geben einige

Punkte der in der Kindheitszeit des Eisenbahnwesens erbauten Bahn zwischen Liverpool und Manchester wieder. Die Arbeiten im Chat Moß, ein wegen seines fast schwimmenden Bodens außerordentlich gefürchtetes Moor, erregten das Staunen der damaligen Welt.

Nachstehend sind einige Daten aus der Entwickelungsperiode des Eisenbahnwesens angeführt. Am 21. Oktober 1830 wurde die Pferdebahn Prag-Lana, am 1. August 1832 jene von Linz nach Budweis, am 5. Mai 1835 die erste Lokomotivbahn des Kontinents, die Strecke von Brüssel nach Mecheln, am 7. Dezember 1835 die erste Lokomotivstrecke Deutschlands, jene von Nürnberg nach Fürth, am 24. April 1837 die Strecke Leipzig-Alten, am 26. August 1837 die erste Lokomotivbahn Frankreichs, die Strecke Paris-St. Germain dem Verkehr übergeben. Am 23. November 1837 folgte die Eröffnung der Linie Floridsdorf-Wagram, am 4. April 1838 die der ersten russischen Strecke, jene von St. Petersburg bis Zarskoje Selo, und am Ende des Jahres 1838 (22. September) wurde die erste Bahnstrecke in Preußen, die 3,5 Meilen lange Bahn von Berlin nach



13. **Bahnhof Liverpool der Liverpool-Manchester Eisenbahn im Jahre 1830.**

Potsdam eröffnet. Im September 1839 wurde die erste holländische Bahn, nämlich die Linie Amsterdam-Haarlem, in Betrieb genommen und am 3. Oktober 1839 die erste Lokomotivbahn Italiens, die Strecke Neapel-Portici dem öffentlichen Verkehr übergeben.

Bis gegen Ende des Jahres 1842 stieg der Längenzuwachs der Eisenbahnen Preußens auf 587 km. Diese ältesten Verbindungen waren: Berlin-Potsdam, Berlin-Wittenberg-Dessau-Köthen, Magdeburg-Köthen-Halle-Leipzig, Berlin-Angermünde, Berlin-Frankfurt a. O., Breslau-Brieg, Düsseldorf-Elberfeld, Köln-Aachen.

Es ist erklärlich, daß sich das wichtige neue Transportmittel in seiner Ausgestaltung zunächst vielfach an die vorhandenen Formen anlehnte. So nahm man für die Wagen zuerst die Kutsche zum Muster, und wie auf dem Wagen der Kutscher, so saß der Schaffner auf dem Bock der Eisenbahnwagen. Die Wagen waren nur durch Ketten miteinander verbunden, und deshalb wurden die Passagiere ziemlich durcheinander gerüttelt. Beim Bremsen und Anhalten stieß ein Wagen krachend auf den anderen. Die Nachbildung der Postkutschen erstreckte sich auch auf die innere Einrichtung der Eisenbahnwagen. Sie besaßen gleich jenen mehrere Abteilungen, für die erste Klasse mit je vier Sitzen. In der zweiten Klasse gab es weder gepolsterte Sitze noch abgeteilte Plätze. Für die Reisenden

Digitized by Google

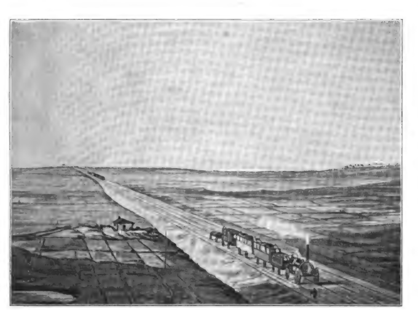
dritter Klasse war anfänglich noch gar nicht gesorgt. Ende der dreißiger Jahre gab es jedoch bereits auf mehreren englischen Eisenbahnlinien eine Abteilung der ersten Klasse, die als Schlafwagen benutzt werden konnte. Im allgemeinen wurde das Gepäck auf dem Wagenverdeck untergebracht, und die Fahrgäste hatten das Recht, sich auf dasselbe zu setzen. Durch besondere Brillen suchten sich die Verdeckpassagiere gegen Wind, Staub und den funkensprühenden Regen zu schützen. Das Gepäck geriet nicht selten durch Funken in Brand. Die Züge zeigten ein äußerst farbenreiches Bild. Die Maschine besaß sehr viel Messingwerk, und die Wagen waren in schreienden Farben gestrichen. Gewöhnlich zeigte die erste Klasse eine gelbe, die zweite Klasse eine weiße, gelbe oder grüne Farbe; die Wagen dritter Klasse wurden dunkelblau angestrichen. Die Begleitungsmannschaft war in grelles Rot gekleidet. An den Zug gehängte Privatwagen waren womöglich noch greller angemalt. Viele Jahre lang galt es für ein vornehmes Sommervergnügen wohlhabender Personen, in einem eigenen Wagen einen Ausflug zu unternehmen.

Mit fortschreitender Entwickelung zeigt dieses Bild immer stärkere Veränderungen, und der Unterschied in dem Aussehen der damaligen Eisenbahnzüge und denen der Jetztzeit ist ein sehr bedeutender.

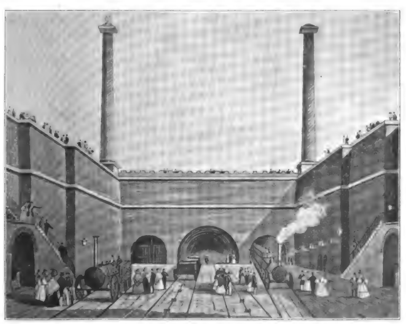
Auf der ersten preußischen Bahnstrecke (Berlin-Potsdam) war im Anfange der Betrieb nur am Tage gestattet. Erst am 9. Dezember 1838 erteilten die königliche Regierung zu Potsdam und das Berliner Polizeipräsidium der Berlin-Potsdamer Eisenbahngesellschaft die Erlaubnis, die Dampfwagenfahrten auch in den Stunden der Dunkelheit bei Erleuchtung zu unternehmen. Diese Erlaubnis war an allerlei Bedingungen und Vorsichtsmaßregeln geknüpft, darunter die, daß bei Fahrten in der Dunkelheit die Schnelligkeit auf mindestens die Hälfte der Tagesgeschwindigkeit herabgesetzt werde. Auch bei Mondschein war keine Ausnahme statthaft, und „sollte starker Nebel herrschen oder dichter Schnee fallen, so darf die Schnelligkeit der Fahrt unter keinen Umständen den Trab eines Pferdes übersteigen", heißt es in der betreffenden Verfügung.

Solange das Eisenbahnnetz noch keine zusammenhängenden Strecken aufwies, war eine Ausnutzung des neuen Transportmittels für die Beförderung schwerer Lasten mit Unbequemlichkeiten verbunden, die man meistens durch gänzliche Vermeidung der Eisenbahnen zu umgehen suchte. So war es Anfang der fünfziger Jahre nichts Ungewöhnliches, daß Dampfkessel aus dem Rheinlande nach Rußland auf Wagen mit 24 Pferden Vorspann geschafft wurden.

Im Beginn des deutschen Eisenbahnwesens kam der Eisenbahn eine selbständige Bedeutung nur für den Lokalverkehr zu, während sie im Durchgangsverkehr lediglich eine Rolle als Zwischenglied des zu jener Zeit hochausgebildeten Postnetzes spielte. Die Post stand vor ihrem nahen Untergang zweifellos auf der Höhe. Für die Strecke Halle-Frankfurt a. M. gebrauchte die Schnellpost einschließlich aller Aufenthalte nur 35 Stunden. In England wurden 1834 zusammen 358 290 000 englische Meilen von Passagieren mittels der Post und Stellwagen zurückgelegt. In dem „Preußischen Post-Course" vom Jahre 1841 finden sich die ersten Angaben über die Eisenbahnrouten. Es sind die folgenden Eisenbahnstrecken angegeben: a) Frankfurt (Main)-Mainz (als Teilstrecke der bis dahin durch Schnellpost oder Mallepost hergestellten Verbindung Frankfurt-Paris), b) Berlin-Potsdam, c) Berlin-Köthen-Halle mit der Abzweigung d) Köthen-Magdeburg. Es ist von Interesse zu sehen, wie man in der Zeit des aufkommenden Eisenbahnwesens reiste, und in welcher Weise man es verstand, die fertigen Eisenbahnstrecken in den Fernverkehr einzuschieben. Für die Reise von Berlin nach Paris standen zwei Routen zur Verfügung. Der eine Verbindungsweg wurde durch die alte Postverbindung über Frankfurt a. M. gebildet, der andere Weg führte über Köln und Brüssel. Auf der letzteren Route gab es bereits auf größeren Strecken Eisenbahnen. Man fuhr beispielsweise um 1¼ Uhr mittags von Berlin nach Halle mit der Eisenbahn und kam alsdann abends 6½ Uhr in letzterer Stadt an. Um 6¾ Uhr ging die Schnellpost über Weißenfels nach Frankfurt a. M. ab. In Frankfurt a. M. langte man nach 35stündiger Fahrt an, d. h. also wenn man am Montag von Berlin abfuhr, kam man am Mittwoch Morgen gegen 6 Uhr in Frankfurt a. M. an. Die Reise ging dann um 7 Uhr mit der Mallepost



14. Liverpool-Manchester Eisenbahn: Ansicht des Chat Moß 1830.



15. Liverpool-Manchester Eisenbahn: Bahnhof Edge Hill in Liverpool 1830.

IX 6

Digitized by Google

weiter über Forbach, Metz, und man kam in Paris nach 88¾ stündiger Fahrt am Freitag Morgen gegen 6 Uhr an.

Die Kosten dieser Fahrt beliefen sich auf 155 Mark. Die Route über Brüssel war infolge der längeren Eisenbahnstrecken billiger. Die Kosten beliefen sich unter Benutzung der ersten Klasse auf 121 Mark. Trotzdem beanspruchte die Reise mehr Zeit. Die Fahrt ging zunächst mit der Eisenbahn bis Hannover. Um 11 Uhr abends fuhr man alsdann mit der Post weiter nach Minden, woselbst man am anderen Morgen gegen 6 Uhr eintraf. Um 8 Uhr bestieg man die Schnellpost, welche die Reisenden nach 28½ Stunden in Köln absetzte. Am Nachmittage gegen 3 Uhr fuhr man dann mit der Eisenbahn über Aachen nach Lüttich, woselbst man am Abend desselben Tages gegen 8 Uhr 50 Minuten ankam. Einen Nachtdienst kannte man in jener Zeit auf der Eisenbahn noch nicht, und daher konnte die Weiterfahrt erst am anderen Morgen um 7 Uhr stattfinden. In Lille traf man am Nachmittag gegen ½5 Uhr ein. Von Lille bis Paris benutzte man die Schnellpost, welche nach 16 Stunden in Paris anlangte, so daß die ganze Reise 100 Stunden in Anspruch nahm. Dank den inzwischen eingetretenen Verbesserungen im Eisenbahnwesen legt man heute die Fahrt in 18 bis 19 Stunden zurück. Die Kosten betragen heute in der ersten Klasse einschließlich einer Zusatzkarte für die Durchgangszüge und für die Benutzung des Schlafwagens 111 Mark. Die eingetretene Verbilligung ist im Verhältnisse zu der Zeitermäßigung eine unerhebliche.

Es war nichts Seltenes, daß vornehme Reisende mit ihren eigenen Wagen fuhren und sich nur der Postpferde bedienten. Auf Strecken mit Bahnverbindung wurden diese Privatwagen nach feststehenden Tarifen befördert. Auf der Berlin-Stettiner Bahn waren zu zahlen „Für viersitzige oder ganz bedeckte Reisewagen pro Station 2½ Thaler." Personen, die im Inneren des Wagens Platz nahmen, hatten außerdem Personenbillets zweiter Klasse, diejenigen, welche sich auf dem Bocke oder dem Hintersitze niederließen, Billete dritter Klasse zu lösen.

Wie die Eisenbahnen allmählich fast ganz die Postfahrten verdrängten, so ließen sie auch auf manchen Flüssen unseres Vaterlandes den Personenverkehr verschwinden. So gab es seit dem Jahre 1842 bis zur Inbetriebnahme der Berlin-Hamburger Eisenbahn eine Dampferverbindung zwischen diesen beiden Städten. Die Fahrt dauerte bei der Thalfahrt zwei Tage mit einer Übernachtung in Havelberg und drei Tage bei der Bergfahrt. Von Potsdam bis Berlin wurde die Eisenbahn benutzt. Die Fahrt kostete in der ersten Kajüte 8 Thaler, in der zweiten 6 Thaler. Im Jahre 1845 fuhren 5285 Personen zu Thal und 3349 Personen zu Berg. In jeder Richtung wurden pro Woche drei Reisen unternommen.

Bei der vorhandenen deutschen Kleinstaaterei ist es erklärlich, daß eine einheitliche Entwickelung des Eisenbahnwesens in Deutschland zunächst nicht zu erreichen war. Jeder Staat gestaltete die Bahnen innerhalb seiner Grenzpfähle nur nach seinen Interessen, ohne denen des Grenznachbars Rechnung zu tragen. Erst im Jahre 1854 war ein Zusammenhang der verschiedenen Gruppen hergestellt. Das Deutsche Reich brachte auch auf dem Gebiete des Eisenbahnwesens die erwünschte Einheitlichkeit. Im Jahre 1871 wurde ein einheitliches Bahnpolizeireglement, 1873 das Reichseisenbahnamt eingesetzt. Dem bereits im Jahre 1847 gegründeten Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen muß das Verdienst zugesprochen werden, nach Kräften bestrebt gewesen zu sein, die Nachteile der politischen Spaltung Deutschlands beseitigt zu haben.

Der Siegeslauf der Eisenbahn erstreckt sich über immer weitere Länderstrecken, und wie immer mächtigere Berge von ihr durchdrungen werden, so erklimmt die Eisenbahn auch immer höhere Regionen. Wenn seinerzeit (1854) mit Recht die Überschienung des Semmering in einer Höhe von 618 m als eine große That angesehen wurde, so werden heute Höhen von der mehrfachen Größe des genannten Gebirgssattels unschwer überwunden. Während in Europa mit dem Brenner (1367 m) die größte Höhe erstiegen ist, lassen die Eisenbahnen der Neuen Welt dieses Maß als unbedeutend erscheinen. Die Peruanische Zentralbahn erreicht eine Höhe von 4774 m (Galeratunnel), also beinahe diejenige des Montblanc (4810 m). In Südamerika liegt die Grenze des ewigen

16. Die Gotthardbahn bei Giornico (Biaschinaschlucht).

Digitized by Google

17. Eisenbahn über den Antilibanon: Eintritt in den Tunnel bei Barada.

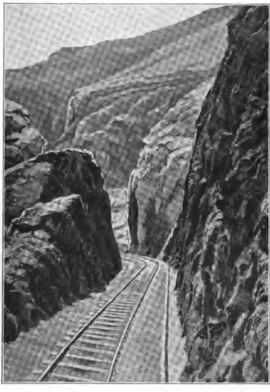
Schnees wesentlich höher (4800 bis 5200 m) als in den europäischen Alpen (2700 bis 2800 m), wodurch natürlich die Erreichung der gewaltigen Berghöhen ganz wesentlich erleichtert wird.

Die außerordentlich zahlreichen in allen Erdteilen zur Ausführung gekommenen Durchbohrungen von Gebirgen haben die Tunnelbaukunst zu hoher Vollendung gebracht; dies gibt den Ingenieuren den Mut, sich an immer größere Aufgaben zu wagen, so daß bereits der längste Tunnel fast 20 km erreicht. Der Themsetunnel ist 366 m, der große Tunnel am Scheitel des Semmering 1408 m lang. — Der im Bau begriffene Simplontunnel wird eine Länge von 19731 m erhalten!

Digitized by Google

Der Brunelsche Tunnel unter der Themse hat eine Reihe von Nachahmungen gefunden, durch welche der Verkehr zwischen den betreffenden Städten eine große Förderung erfahren hat. Zu nennen sind: Der Tunnel unter dem Harlemflusse bei New York (842 m lang), der Tunnel unter dem Mersey zwischen Birkenhead und Liverpool (4800 m lang), der Tunnel unter dem Indus bei Attok.

Sogar im Reiche des kranken Mannes nimmt die Länge der Schienenwege, wenn auch der Natur der Türken entsprechend nur langsam, zu. Unter den neueren Eisenbahnen ist diejenige von Beirut nach dem uralten Damaskus zu erwähnen. Bereits im hohen Altertume war dieser in der durch künstliche Irrigationsanlagen des Barada bewässerten, vielgepriesenen Ghûta belegene Ort als Stapelplatz der kostbarsten und kunstvollsten orientalischen Waren berühmt. Von hier aus erstreckten sich alte bedeutende Karawanenstraßen nach dem Euphrat und nach Phönizien. Die Bahn mußte die gewaltigen Bergzüge des Libanon und Antilibanon übersteigen, und zwar mußte die Höhe von 1300 m bewältigt werden. Die Verhältnisse bedingten Steigungen, die nur mittels einer Zahnradbahn zu überwinden waren. Die Bahn dient nicht allein dem Frachtverkehr, sondern wird in steigendem Maße Vergnügungsreisende anziehen, da sie nicht nur nach altbekannten Stätten führt, sondern auch hohe landschaftliche Reizpunkte besitzt. Während sich bei Beirut ein ungemein fruchtbares Gelände mit zahlreichen malerischen Ortschaften und Klöstern ausbreitet, die sich terrassenförmig an den Abhängen hinaufziehen, gelangt man mit zunehmender Höhe in kahle, wildzerklüftete Gebirgspartien.



18. Strecke der Eisenbahn Beirut-Damaskus: Im Thale des Barada.

Ein bedeutungsvolles Unternehmen, die Bahnverbindung mit dem am Euphrat belegenen, einst hochberühmten Kalifensitz Bagdad ist seiner Verwirklichung nahe. Seit Jahren hatten sich die Engländer um dieses Projekt bemüht, jetzt wird es durch deutsche Ingenieure und mit deutschem Kapital ausgeführt werden.

Selbst das abgeschlossene Reich der Mitte kann sich dem weiteren Vordringen der Eisenbahnen gegenüber nicht mehr so ablehnend wie früher verhalten. Der mächtige Nachbar Chinas, Rußland, hat die große kulturelle Mission der Eisenbahnen voll erkannt und ist emsig bestrebt, durch dieses Mittel seine ungeheuren Landgebiete aufzuschließen.

Digitized by Google

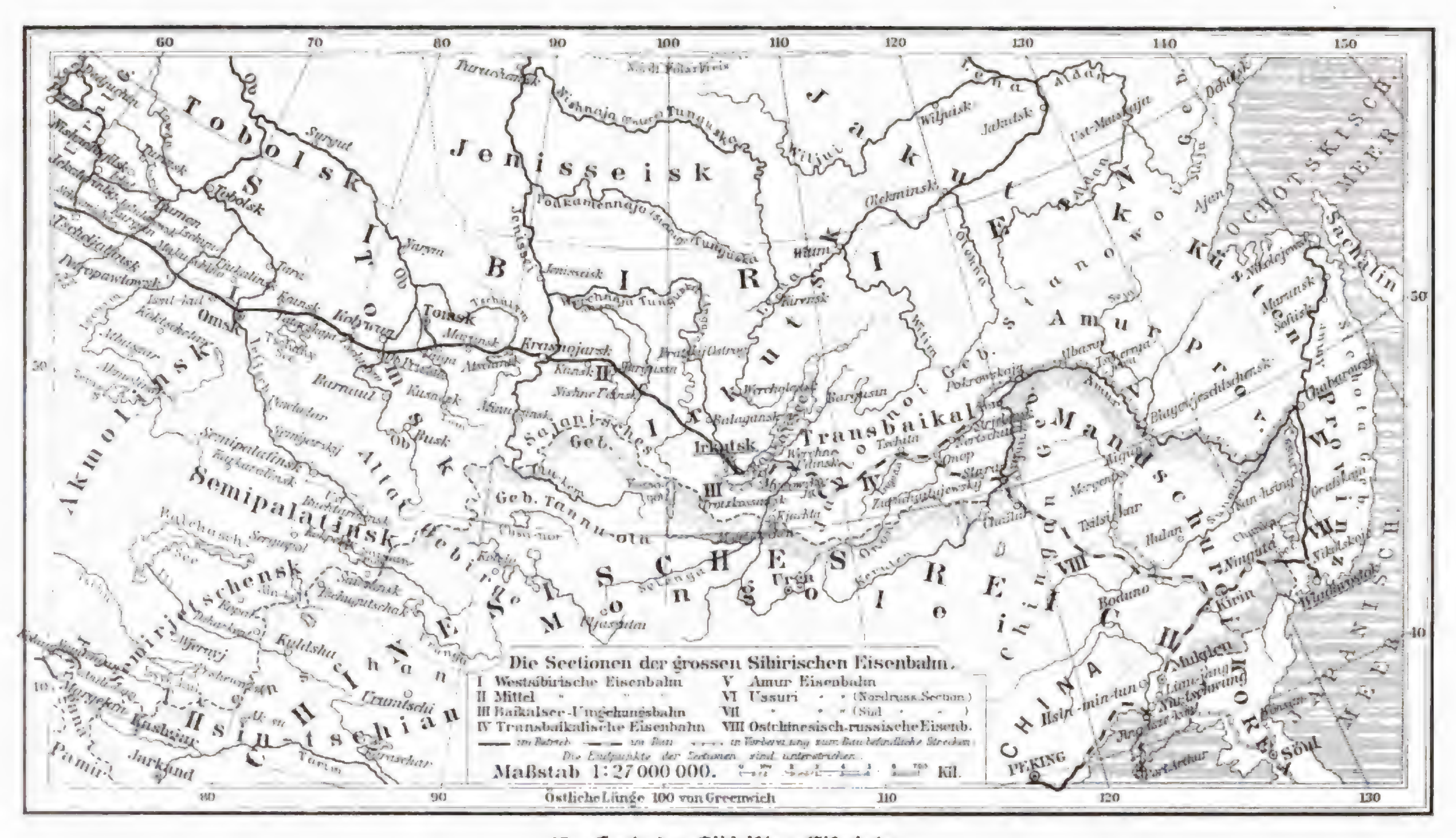
Durch die in verhältnismäßig kurzer Zeit zur Ausführung gekommene Transkaspische Eisenbahn wird ein früher hochkultiviertes Gebiet, mit den einst vielgepriesenen und gerühmten Städten Samarkand, Buchara, Merw dem Kulturleben wieder zurückgegeben werden.

Ein noch riesenhafteres Unternehmen ist die von Rußland geplante und zu einem guten Teile schon fertiggestellte Sibirische Eisenbahn (Abb. 19). Die Bahn erstreckt sich von Tscheljabinsk am Ostabhange des Urals bis nach Wladiwostok am Japanischen Meere. Die Längenausdehnung beträgt 7609 km. Die gesamte Sibirische Eisenbahn ist in Unterabteilungen zerlegt worden, in die Westsibirische Linie von Tscheljabinsk bis zum Ob = 1411 km, die Mittelsibirische Linie vom Ob bis Irkutsk = 1848 km, die Baikalringlinie von Irkutsk nach Mysowskaja = 312 km, die Transbaikallinie von Mysowskaja nach Strjetensk an der Schilka = 1128 km, die Amurlinie von Strjetensk bis Chabarowsk am Amur = 2132 km und die Ussuri-Eisenbahn von Chabarowsk nach Wladiwostok = 778 km. Der Eisenbahnbau ist von beiden Endpunkten aus im Jahre 1891 in Angriff genommen, und man hofft die gesamten Arbeiten bis 1904 vollenden zu können. Statt der aufgegebenen Amurlinie wird direkt durch die Mandschurei eine Eisenbahn zwischen Onon über Kirin nach Nikolskoje gebaut, und die einst ohne Zweifel von dieser Linie sich abzweigenden Bahnen werden in dem Aufschließungsprozesse des chinesischen Reiches eine große Rolle spielen.

Während die Eisenbahnen in den alten Kulturländern neues Leben und einen wohl nie für möglich gehaltenen Aufschwung der wirtschaftlichen Thätigkeit im Gefolge hatten, dienten und dienen sie in den neuen Ländern zur Erschließung. In Amerika und Australien ermöglichten sie die Besiedelung weit ausgedehnter, vorher fast unbewohnter Länderstrecken. In Asien und Afrika werden durch die jetzt zur Ausführung kommenden Eisenbahnen die reichen Naturschätze der von ihnen durchzogenen Gebiete für die Menschheit nutzbar gemacht, und in allen Verhältnissen werden Änderungen hervorgerufen, die ihren Einfluß auch auf die anderen Länder erstrecken.

Daß die Eisenbahnen mit ihrem weiteren Vordringen den Postverkehr immer mehr verdrängen, erscheint selbstverständlich, da auch die bestausgestatteten Posten keine genügende Anziehungskraft mehr auszuüben vermögen, sobald sie mit einer Eisenbahnlinie in Wettbewerb treten müssen. So wird auch bald die Tagespost (Abb. 20) von Beirut nach Damaskus ihre letzte Reise zurücklegen, nachdem zwischen diesen beiden Orten eine Eisenbahn entstanden ist.

Die vorteilhaften Wirkungen der Eisenbahnen lassen es erklärlich erscheinen, daß das Eisenbahnnetz der Erde an Ausdehnung beständig zunimmt. Die Eisenbahnen der Erde hatten zu Ende 1897 eine Länge von rund 732255 km gegen 654528 km Ende 1892. Diese Länge übertrifft das 18fache des Erdumfangs am Äquator und das 1,9fache der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde noch um etwa 12000 km. Der jährliche durchschnittliche Zuwachs beträgt 14500 km. Der in Amerika eingetretene Rückgang in dem Eisenbahnbau wird durch die großen Fortschritte desselben in Sibirien und Kleinasien mehr als ausgeglichen. Im Jahre 1893 sind die ersten kurzen Strecken der Sibirischen Bahn, 108 km, fertiggestellt, Ende 1896 waren 3038 km dieser Bahn vollendet. Das kleinasiatische Eisenbahnnetz ist auf 2509 km angewachsen. In Amerika waren im Jahrfünf 1885/89 52179 km ausgeführt worden, im Jahrfünf 1892/96 kamen nur 12860 km zur Herstellung, wodurch eine Besserung der wirtschaftlichen Lage der amerikanischen Eisenbahnen herbeigeführt worden ist. Amerika ist jedoch nach wie vor der an Eisenbahnen reichste Erdteil mit 380384 km, die Vereinigten Staaten besitzen 296745 km und damit mehr als ganz Europa, welches 263145 km aufzuweisen hat. In Asien sind 49764 km, in Australien 22372 km, in Afrika 14798 km Eisenbahnen. Unter den europäischen Staaten nimmt Deutschland mit 48116 km die erste Stelle ein. Es folgen Rußland mit 45576 km, Frankreich mit 41342 km, Großbritannien und Irland mit 34445 km, Österreich-Ungarn mit 33668 km. Das Anlagekapital sämtlicher Eisenbahnen der Erde wird auf 144¾ Milliarden Mark berechnet, die Anzahl der Lokomotiven wird auf 131219 Stück mit etwa 280 Millionen Pferdekräften, die Gesamtzahl der unmittelbar beim Betriebe der Eisenbahnen beschäftigten Personen auf 5 Millionen geschätzt.



19. Karte der Sibirischen Eisenbahn.

Die Ausdehnung der sämtlichen deutschen Bahnen betrug Ende 1897 48116 km, 1896 47348, mithin betrug die Zunahme 768 km.

Gemäß der vom Reichseisenbahnamt bearbeiteten Statistik für das Jahr 1896/97 hatten die Hauptbahnen eine Länge von 31891 km, die Nebenbahnen eine solche von 14280 km, die Länge der Privatbahnen betrug 3021 km, die der Preußischen Staatsbahnen 27691 km.

Für das Deutsche Reich ergibt sich die Ausstattung mit Eisenbahnen auf 100 qkm zu 8,53 km, und auf je 10000 Einwohner entfallen 8,74 km Eisenbahnen.

Für einzelne deutsche Staaten stellt sich dieser Wert: für Preußen auf 8,58 km, für Bayern auf 10,50 km, für Sachsen auf 6,13 km, für Württemberg auf 6,49 km, für Baden auf 9,91 km.

Es betrug die Anzahl der Viadukte 372 mit einer Gesamtlänge von 51501 m, die der Tunnel 510; davon besaßen: 37368 m Tunnellänge 1 Gleis, 146684 m Tunnellänge 2 Gleise.

Die Anzahl der Stationen belief sich auf 8893; hiervon waren 4083 Bahnhöfe, 3068 Haltestellen und 1742 Haltepunkte.

Die Kosten der Erhaltung und Erneuerung der Bahnanlagen erreichten eine Höhe von 145,4 Millionen Mark.

20. Tagespost von Beirut nach Damaskus.

An Betriebsmitteln waren vorhanden: 16350 Lokomotiven, 32391 Personenwagen, 346392 Gepäck- und Güterwagen und 2070 Postwagen.

Der Gesamtwert dieser Betriebsmittel ist 1988,9 Millionen Mark.

Seit Bestehen der deutschen Bahnen sind insgesamt für Betriebsmittel aufgewandt 2481,4 Millionen Mark.

Die Kosten der Zugkraft (Lokomotivbetrieb) betrugen für das Jahr 1896/97 232 Millionen Mark.

An Einnahmen erzielten die deutschen Eisenbahnen aus dem Personenverkehr 444,6 Millionen Mark. Im Jahre 1895/96 betrug dieselbe 421,1 Millionen Mark, so daß sich die Mehreinnahmen auf 23,5 Millionen Mark belaufen.

Die Anzahl der beförderten Personen betrug 1895/96 592,5 Millionen, 1896/97 646,6 Millionen.

Im Durchschnitt hat jede beförderte Person 23,38 km zurückgelegt.

Die Ausnutzung der Plätze betrug für die erste Klasse 8,77 %, für die zweite Klasse 19,73 %, für die dritte Klasse 24,93 %, für die vierte Klasse 34,67 %, im Durchschnitt 25,67 %.

Durch den Güterverkehr wurde eine Einnahme von 1071,3 Millionen Mark erzielt, d. h. also mehr als das doppelte der Einnahmen des Personenverkehrs.

Die gesamte beförderte Gütermenge belief sich auf 270,6 Millionen Tonnen. Jede Tonne Gut wurde durchschnittlich 98,56 km weit befördert.

Während die Eisenbahnbeförderung dem Transport auf der Landstraße gegenüber durch die Ersparnisse an Frachtkosten und an Zeit weit überlegen ist, besitzt die letztere Transportmethode den Vorzug, daß eine Umladung der zu versendenden Güter nicht erforderlich wird. Die ständige Vergrößerung des Landstraßennetzes ist, wie oben bereits angeführt wurde, als ein Beweis dafür anzusehen, daß der Frachttransport auf der

Digitized by Google

Landstraße keineswegs mit den Eisenbahnen verschwunden ist. Der gegenwärtige Verkehr auf den Landstraßen hat jedoch gegen die gute alte Zeit eine weitgehende Veränderung erfahren und ist in einer weiteren Umwandlung begriffen. In immer stärkerem Maße macht auch er sich die neuesten Erfindungen zu nutze, und statt der früheren ausschließlichen Verwendung von Zugtieren sehen wir bereits Dampf- und andere Motorwagen in Benutzung. Daneben bemächtigen sich die Kleinbahnen immer mehr der Kunststraßen. Sie durchziehen in großer Zahl die engen gewerblichen Thäler, die bergigen Gegenden und beginnen sich auf den Straßen der Niederungen auszubreiten. Diese Kleinbahnen besitzen in der Regel keinen besonderen Bahnkörper, sondern die Schienen sind direkt in der Landstraße eingebettet.

Wie der Landverkehr, so hat auch der Verkehr auf dem Wasser durch die Ausnutzung der Dampfkraft mannigfache Veränderungen erlitten. Die Ausnutzbarkeit der Flußläufe erfährt durch Regulierungen oder Kanalisierungen eine stete Vergrößerung, wie auch in vielen Ländern die Anzahl der künstlichen Wasserstraßen, der Kanäle, eine beständig wachsende ist. Dem Seeverkehr hat die Dampfkraft gleichfalls ihren Stempel aufgedrückt, welcher Einfluß auch aus den eingetretenen Veränderungen der diesem Verkehr dienenden Anlagen deutlich erkennbar ist.

Während die Unsicherheit der früheren Zeiten den Kaufmann zwang, seine Waren unter eigener Obhut und meistens mit Waffengeleit an den Bestimmungsort zu schaffen und in gleicher Weise mit den am Tauschplatze eingenommenen Waren zu verfahren, ist das heutige Bild des Wassertransports ein vollständig anderes. Nicht nur war früher die Abwickelung der Geschäfte, infolge der unausgebildeten Transportmittel und des unentwickelten Nachrichtenwesens, eine weit langsamere und schwierigere, sondern auch das Risiko des Geschäftes war bei dem Fehlen des Versicherungswesens und des Bankwesens ein weit größeres. Es war daher eine durch die Verhältnisse bedingte Erscheinung, daß lange Zeit der überseeische Handel sich in wenigen Händen befand. Nur der Besitz eigener Schiffe gab dem Kaufmann die Gewähr einer Verschiffung seiner Güter in einer seinen Interessen entsprechenden Art und Weise. In diesen Verhältnissen ist heute durch die auch hier eingetretene Arbeitsteilung ein vollständiger Umschwung eingetreten. Neben dem Kaufmann haben die Transportunternehmer, der Spediteur, der Bankier und der Assekurateur eine selbständige Bedeutung erlangt. In den Seestädten war der Kaufmann der alten Zeit meistens auch Reeder. Einerseits war er hierzu, wie oben bemerkt, durch die Verhältnisse gezwungen, anderseits gestattete das verhältnismäßig einfache und nicht sehr kostspielige Schiffsmaterial eine solche Geschäftsverbindung. Mit der fortgeschrittenen Dampfschiffahrt, dem Anwachsen der Schiffszahl und deren Fassungsvermögen ist die Aktienreederei immer mehr in den Vordergrund getreten, und das Reedereigeschäft hat sich zu einer eigenen Geschäftsthätigkeit entwickelt.

Die Steigerung des Handelsverkehrs und die Veränderungen in den Formen des Handels stellen große Anforderungen an die Ausstattung der Häfen. Sowohl hierdurch, wie nicht minder infolge der durch die Eisenbahnen und die Dampfschiffahrt direkt bewirkten Beschleunigung des Verkehrs hat die Ausgestaltung der Seehäfen eine gegen früher vollständig veränderte Form angenommen. In den früheren Jahrhunderten dienten die Seehäfen vorzugsweise als Stapelplätze für alle Arten Waren, die aus allen Teilen der Erde eingeführt wurden und für längere oder kürzere Zeit in den Speichern der Seestädte lagerten. Diese Speicher lagen in großer Zahl an kleineren Flußarmen, und sie boten in vielen Städten ein sehr malerisches Bild, von dem sich hier und da noch einzelne Teile erhalten haben (s. Abb. 21).

Die Schiffe waren klein und hatten einen geringen Tiefgang. Sie bedurften keiner besonderen Landungsstellen, da die Waren an Bord des Schiffes verkauft und mit Kähnen ans Land gebracht wurden. Noch im Jahre 1793 betrug die Gesamtlänge der Londoner Kaianlagen nur 3676 Fuß (ca. 1100 m) gegen eine heutige Länge von ca. 45000 m. Nach einer indischen Reise takelten die Schiffe nicht selten ab, es dauerte Wochen, oft Monate, ehe die Ladung gelöscht war und eine neue Reise angetreten wurde. Selbst die Ostseefahrer überwinterten nicht selten in den Häfen, in denen sie beheimatet waren. Die

Einführung der Eisenbahnen und besonders der Dampfschiffe hat in allen diesen Verhältnissen eine vollständige Umwandlung hervorgebracht. Durch die Ausbildung der Dampfschiffahrt, welche durch immer zahlreicher werdende Linien eine immer größere Anzahl Hafenplätze miteinander in direkte Verbindung bringt, werden, wie nicht minder durch die ständig fortschreitende Entwickelung der Binnenschiffahrt auf Flüssen und Kanälen und durch das immer dichter werdende Eisenbahnnetz die Produzenten und Konsumenten gleichsam einander näher gebracht.

Die großen Transportunternehmungen, die Dampferkompagnien und die Eisenbahngesellschaften sind zu Verbänden zusammengetreten, so daß der Übergang von einem Transportmittel zu dem anderen auch ohne Dazwischentreten von Mittelpersonen erfolgt. Der Verkehr zwischen den Produzenten und Konsumenten wird, namentlich soweit es sich um Rohstoffe handelt, ein immer direkterer, und an die Stelle des Importeurs tritt in einem immer größeren Umfange der Agent. Die Interessen des binnenländischen Empfängers nimmt, soweit sie sich auf den Empfang der Waren an dem Seehandelsorte erstrecken, der „Spediteur" wahr. Dieser bezahlt sowohl die Warenfracht, wie er auch in Streitfällen mit der Reederei den Empfänger vertritt. Er lagert für diesen gegebenenfalls in seinen Speichern die Waren, er gibt im Bedarfsfall Vorschuß, vermittelt einen etwaigen Verkauf oder besorgt zu dem gewünschten Termin den Transport an den Bestimmungsort.

21. Großes Fleet in Hamburg.

Durch diesen immer weiter fortschreitenden Umwandlungsprozeß sind die Seehäfen nicht mehr in demselben Umfange wie früher Verteilungsorte im Güterweltverkehr, sondern Durchgangsorte. Ihre Bedeutung hat hierdurch jedoch keine Einbuße erlitten, im Gegenteil, ihr äußerer Umfang ist in einem bewunderungswerten Grade gewachsen.

Recht zutreffend hat Bastian, der berühmte Forscher, bemerkt: „Vergleicht man die Häfen des griechischen und phönizischen Altertums mit denen unserer jetzigen Handelsmetropolen, Athen, Sidon, Tyrus mit Sydney, St. Francisco, Bombay, so erscheinen sie als ein Puppenspielzeug für die Kindheit der Geschichte in richtigen Proportionen zu den Dimensionen des damaligen und des jetzigen Verkehrs."

Digitized by Google

Die Seehäfen haben sich immer mehr in Kreuzungspunkte des Verkehrs umgewandelt, von welchen dieser sich in verschiedenen Richtungen abzweigt. Derjenige Hafen, welcher günstig belegen ist und durch seine Ausstattung sowie seine sonstigen Verhältnisse am meisten den Bedürfnissen des Verkehrs Rechnung trägt, wird am leichtesten seine Stellung in dem intensiven Wettbewerbe zu bewahren vermögen, und von ihm werden die meisten Verkehrsradien ausgehen. Diese Radien sind dreierlei Art: Seelinien, Bahnlinien und die Linien der Binnenschiffahrt.

Die eingetretene Steigerung des Seeverkehrs ist eine sehr bedeutende. Dieses Anwachsen ist zu einem Teile der engen Berührung und der steigenden großgewerblichen Entwickelung der die Seeschiffahrt betreibenden Völker zu verdanken, zu einem anderen Teile beruht die Zunahme des Seeverkehrs auf dem Fortschritte im Schiffbau und Schiffsmaschinenbau, welcher zu einer ganz wesentlichen und fast stetig fortschreitenden Herabsetzung der Frachtsätze geführt hat. Hierdurch treten neue Warengattungen in die Zahl der transportfähigen Güter ein, die Transportweite der schon früher in den Seeverkehr aufgenommenen Güter, also ihr Absatzgebiet, und damit ihre Menge, wird hierbei

22. Straßenverkehr im 18. Jahrhundert (Porte-Chaise). Nach W. F. Yeames.

eine immer größere. Dabei hat sich natürlich auch der Kreis der von der Seeschiffahrt mit Gütern versorgten und der ihr Waren liefernden Länder entsprechend erweitert.

Der im Laufe der Jahrhunderte in den Anschauungen eingetretene Umschwung hat dazu geführt, die Küsten und Flußmündungen in immer vollkommenerer Weise mit Leuchtfeuern und sonstigen Schiffahrtszeichen auszustatten. Die Zeiten, in welchen die Küstenbewohner es als ihr gutes Recht betrachteten, ein gestrandetes Schiff als ihre Beute zu erklären, in denen es nichts Ungewöhnliches war, daß falsche Lichter aufgestellt wurden, um Schiffe zum Stranden zu bringen, sie sind dahin, und während früher die stürmische Jahreszeit von den Küstenbewohnern als ihre Erntezeit bezeichnet wurde, sind diese jetzt auf der Wacht, um die Schiffe vor Schaden zu bewahren, und sie wagen ihr Leben, um in Not befindlichen Schiffen Rettung zu bringen.

Der Stadtverkehr. Um das von der Verkehrsentwickelung gegebene Bild zu vervollständigen, bedarf es einer Schilderung der Entwickelung des städtischen Verkehrs, soweit derselbe sich unter der Benutzung von Personenbeförderungsmitteln vollzieht. Dieser Verkehr hat in der neueren Zeit eine Ausdehnung und damit eine Bedeutung gewonnen, die früheren Zeiten unbekannt war. Im Altertume übten die Anschauungen einen geradezu lähmenden Einfluß in dieser Beziehung aus. In vielen Ländern, und so besonders im römischen Reiche, war das Fahren auf den städtischen Straßen im allgemeinen verboten. Durch dieses Verkehrsverbot, das in zahlreichen Städten bei der

Digitized by Google

Schmalheit der Straßen allerdings eine Notwendigkeit gewesen sein mag, mußte naturgemäß die Wohnungsnot sehr gesteigert werden, da die Ausbreitungsfähigkeit der Städte unter dem unentwickelten Verkehrswesen sehr leiden mußte. Wir wissen denn auch, daß die Wohnungsnot in manchen antiken Großstädten zu ebenso schlimmen, wenn nicht noch schlechteren Verhältnissen geführt hat, als in der Jetztzeit.

In den antiken Städten, und so auch in denen des Römerreiches, dienten zum Personentransport die Sänften. Nur einzelnen hervorragenden Personen und Priesterinnen war die Benutzung von Wagen gestattet.

Aus der Zeit des Mittelalters liegen einige bemerkenswerte Mitteilungen über die Abwickelung des Personenverkehrs in den chinesischen Städten vor. In den hochinteressanten Nachrichten des kühnen venezianischen Reisenden Marco Polo über die Stadt Quinsai (jetzt Hang-tschou) ist eine Beschreibung des Fahrverkehrs daselbst enthalten. Die Hauptstraße der genannten Stadt reichte von einem Ende zum anderen. Sie war auf jeder Seite zehn Schritte breit, mit Kieseln und Backsteinen gepflastert, während der zwischenliegende Teil mit Sand bedeckt und mit gewölbten Rinnen versehen war, um das Regenwasser in die benachbarten Kanäle zu führen, damit die Straße immer trocken blieb. Auf dem Sandstreifen fuhren beständig Wagen auf und ab. Dieselben waren lang und bedeckt und konnten sechs Personen aufnehmen. Die Vorhänge und Kissen waren aus Seide angefertigt. Männer und Frauen, die eine Lustfahrt machen wollten, mieteten die Wagen, von denen man eine große Anzahl dahinfahren sah.

In den europäischen Städten kamen in dem späteren Mittelalter für den Personentransport wiederum Sänften zur Verwendung. Adelige und besonders vornehme Damen wurden mittels derselben zu Hof, zu Bällen und ins Theater getragen. Fast das ganze Mittelalter hindurch und vielfach auch darüber hinaus ließen die Straßenverhältnisse sehr viel zu wünschen übrig. Erst ganz allmählich kam die Pflasterung der Straßen zur Durchführung. Selbst Städte wie Paris und London wiesen in dieser Beziehung sehr schlechte Zustände auf. So mußten beispielsweise in London noch um das Jahr 1350, wenn der König nach dem Parlament fahren wollte, in die von den Wagen eingefahrenen Geleise der Kingstreet Reisigbündel geworfen werden, damit der königliche Zug überhaupt sein Ziel erreichen konnte. Paris hat das erste Straßenpflaster im Jahre 1184 unter Philipp II. erhalten.

Während die Sänften früher von Frauen und schwächlichen Personen auch auf weiteren Strecken benutzt worden waren, wurden sie, als man bequeme Reisewagen bauen lernte, von den Landstraßen verdrängt. In den Städten war bis zum 19. Jahrhundert die Beförderung von Personen mittels Sänften sehr allgemein. In London und Paris standen auf den Plätzen numerierte Hackney-chairs und Porte-chaises. In Frankfurt a. M. wurden im Jahre 1709 die Stadttragstühle eingeführt. Auch in Mainz waren derartige Tragstühle sehr stark im Gebrauche. In letzterer Stadt betrug beispielsweise der Tragelohn nach einem Orte außerhalb der Stadt oder nach Castel (auf der anderen Rheinseite) 24 Kreuzer.

Im 18. Jahrhundert wurden zur Bequemlichkeit des Publikums in Wien und in anderen vornehmen Städten Chaisen oder Fiaker an bestimmten Stellen für die allgemeine Benutzung aufgestellt. In Paris war dieses Beförderungsmittel bereits zur Zeit Ludwigs XIV. (1643—1715) zur Einführung gekommen. Berlin erhielt 1739 die erste öffentliche Fahrgelegenheit. Bis dahin war man daselbst mit Sänften ausgekommen. Die ersten fünfzehn Wagen ließ der König auf seine Kosten bauen und verschenkte sie an eine Gesellschaft von Fuhrleuten. Die Wagen hießen bis zum Jahre 1814 Fiaker. Dieselben waren olivfarben gestrichen und trugen hinten eine weiße Nummer. Innen waren die Wagen mit grauem Tuche ausgeschlagen; sie besaßen ein schwarzledernes Verdeck. Die Kutscher trugen Dreimaster und lange Schoßröcke. Die Taxe für die einfache Tour betrug vier Groschen. Die Wagen waren von morgens 6 resp. 7 bis abends 10 Uhr in Dienst.

Einen vollständig anderen Charakter nahm der städtische Verkehr durch die Einführung von Omnibussen an. Der erste Omnibus fuhr im Jahre 1819 durch die

Straßen von Paris und verdankte dem Bankier Lafitte sein Dasein. In London begann der Omnibusverkehr im Jahre 1829.

Die Idee, das Eisenbahngeleis auch dem städtischen Verkehre dienstbar zu machen, war eine sehr glückliche und erfolgreiche, denn die Straßeneisenbahnen haben sich für die Entwickelung der Städte als von sehr großer Bedeutung erwiesen. Die erste Straßeneisenbahn in Deutschland kam in Berlin im Jahre 1865 am 22. Juni in Betrieb. Nur unter Aufwendung ganz außergewöhnlicher Mühe und nur durch eine große Beharrlichkeit war es dem dänischen Ingenieur Möller möglich gewesen, seinen Plan durchzusetzen. Nach Berlin erhielt Hamburg eine Pferdebahn (16. Aug. 1866), dann Stuttgart (29. Juli 1868). Im Jahre 1872 folgten Dresden, Frankfurt a. M., Hannover und Leipzig.

Die Ersetzung der Pferdebahnen durch solche mit mechanischem Antrieb (Dampf, Gas und neuerdings in immer zunehmenderem Umfange Elektrizität) bezeichnen weitere Etappen auf dem bedeutungsvollen Gebiete des städtischen Verkehrs, zu dessen Abwickelung es in vielen Städten bereits erforderlich geworden ist, besondere Stadtbahnen anzulegen, deren mannigfache Formen in dem Abschnitte Eisenbahnen zur Vorführung gelangen. Die Ersetzung der Fuhrwerke durch Motorwagen befindet sich zwar an vielen Orten erst im Entwickelungsstadium, dürfte aber eines Tages eine ziemlich vollständige werden. Die zunehmende Bedeutung dieses Transportmittels läßt es gerechtfertigt erscheinen, auf dasselbe weiterhin zurückzukommen.

Um die Bedeutung des städtischen Schnellverkehrs recht klar hervortreten zu lassen, mögen nachstehend einige besonders bemerkenswerte Zahlen gegeben werden. Während für New York diese Verkehrsziffer im Jahre 1871 rund 130 Millionen betrug, war sie im Jahre 1895 auf 469 Millionen gestiegen, so daß hier täglich durchschnittlich 1 1/3 Millionen Menschen befördert wurden. Das mächtige Anwachsen Berlins seit 1870 spiegelt sich auch in seinem Verkehrsleben wieder, und es ist von Interesse, einzelne Ziffern aus diesem anzuführen.

Der Omnibusverkehr betrug:

1877: 13 000 000, 1881: 97 000 000, 1894: 36 000 000 Passagiere.

Der Verkehr der Straßeneisenbahnen:

1877: 27 000 000, 1881: 90 000 000 Passagiere.

Im Jahre 1897 wurden mit den Pferdebahnen befördert:

189 429 439 Passagiere.

Im Jahre 1882 fand die Inbetriebnahme der Stadtbahn statt, deren Züge mit Lokomotiven betrieben werden. Die Verkehrsziffer betrug:

1882: 9 347 850, 1890: 33 891 912, 1897: 87 746 914 Personen.

Durch sämtliche Transportanlagen wurden 1897 bei einer Bevölkerung von 1 753 834 Einwohnern 330 697 459 Passagiere befördert.

In den orientalischen Städten beginnt die Straßeneisenbahn gleichfalls immer mehr einzudringen, wie es denn auch nur eine Frage der Zeit ist, daß selbst die chinesischen Städte von Geleisen durchzogen sein werden. Heute spielt in den letzteren Städten neben den sogenannten Männerkraftwagen, den Jinrickshaws, noch die einräderige Schubkarre für den Personentransport eine Rolle. Der Männerkraftwagen besitzt zwei Räder und trägt seinen Namen davon, daß diese leichten Gefährte von einem Manne gezogen werden. Auf dem einräderigen Schubkarren nehmen die Fahrgäste, in Shanghai beispielsweise vielfach chinesische Arbeiterinnen, beiderseits des Rades auf hier befindlichen Bänken Platz.

* * *

An dieser Stelle darf nicht vergessen werden, auch auf die große Bedeutung hinzuweisen, welche in verkehrlicher Beziehung die Post, der Telegraph und das Telephon besitzen, wie auch nicht verkannt werden kann, daß sich das Fahrrad zu einem Verkehrsmittel entwickelt hat, das bei einer Aufzählung der Transportmittel nicht übergangen werden darf.

Zum Schlusse dieses Kapitels muß nochmals die große volkswirtschaftliche Bedeutung des Verkehrs und die Wichtigkeit seiner möglichst weitgehenden Erleichterung hervorgehoben werden.

Bis Ende des vorigen, ja selbst noch im Anfange dieses Jahrhunderts war in Europa der Gütertransport ein sehr langsamer und infolgedessen ein so kostspieliger, daß nur Manufakturen und ganz leichte Waren die Frachtspesen auf weitere Entfernungen zu tragen vermochten. So betrug z. B. der Preis der Wagenfracht von London nach Leeds 260 Mark per Tonne, d. h. pro Tonne und Meile 13½ Pence = 1,15 Mark. Schwere Artikel, wie Kohlen und Eisen, konnten im Handel nur rentieren, wenn sie zur See verschifft wurden. Handelswaren, welche 1763, d. h. vor der Verbesserung der englischen Transportverhältnisse 13½ Pence pro Tonne und Meile kosteten, legen jetzt diese Wegeslänge für drei bis vier Pence zurück. Die Verringerung der Frachtspesen hat naturgemäß einen größeren Konsum im Gefolge gehabt, da hierdurch, wie nicht minder durch die durch den Maschinenbetrieb ermöglichte billigere Herstellung vieler Gegenstände nicht nur mehr Artikel exportfähig geworden sind, sondern auch der Kreis der Konsumenten ganz außerordentlich gewachsen ist.

Der Satz, daß die Transportsteuer die erste und schwerste ist, welche ein Land und die Arbeit zu entrichten hat, enthält viel Wahres. Die Erkenntnis dieser Wahrheit hat sich jedoch seltsamerweise nur mühsam Bahn zu brechen vermocht.

Wenn man auch, wie wir gesehen haben, bereits in früheren Zeiten einen Welthandel kannte, d. h. einen Handel, den einzelne Völker über ihre Landesgrenzen und die Meere hinaus betrieben, so sticht dieser Welthandel doch weit von der Weltwirtschaft ab, wie sie sich etwa seit der Mitte dieses Jahrhunderts entwickelt hat. Erst die vervollkommneten Transportmittel zu Wasser und zu Lande, in Verbindung mit einem außerordentlich rasch und sicher funktionierenden Nachrichtenwesen ermöglichten es, daß der Absatzkreis aller Güter enorm erweitert werden konnte. Die rasche Orientierung gestattet es, in Verbindung mit den zur Verfügung stehenden, nach allen Teilen unserer Erde sich erstreckenden Verbindungen, zu übersehen, wo Überfluß an irgend welchen Produkten ist und wo dieselben mangeln, um mit Hilfe der zahlreichen leistungsfähigen Transportmittel rasch einen Ausgleich herbeizuführen.

Der Handel hat mit der fortschreitenden Verkehrsentwickelung eine immer größere Bedeutung und einen immer mächtigeren Einfluß erlangt, wie die steigenden Umsatzziffern deutlich erkennen lassen, welche vom Jahre 1860 bis zum Jahre 1891 von 29 auf 73 Milliarden gewachsen sind. Durch die dem Handel und Verkehr zur Verfügung stehenden Hilfsmittel ist an die Stelle des lokalen Marktes immer mehr und mehr der Weltmarkt getreten, und die örtliche Preisbildung wird in einem erheblichen Maße durch den Weltmarktpreis reguliert.

Landstraßen.

Der Straßenbau.

Die Wegebauten einiger alten Völker sind in der Einleitung bereits besprochen. Eine besondere Förderung erfuhr der Straßenbau im Altertum durch die Phönizier, Perser, Griechen und namentlich durch die Römer.

Die Phönizier erwarben sich ein bedeutendes Verdienst durch die Anlegung der ersten künstlichen Wege in Europa und zwar in Griechenland. Diese Wege dienten vornehmlich dem Holztransport aus den griechischen Urwaldungen an das Meeresgestade. Die günstige Gestaltung des Landes, an dessen Küstenrand sich eine Meeresbucht an die andere reiht, ließ das Bedürfnis nach Transportwegen hier nicht in gleich hohem Maße wie in anderen Ländern hervortreten. Wenn dennoch Griechenland von einer größeren Anzahl Straßen durchschnitten war, so hatten hierzu in erster Linie religiöse Einflüsse den Anstoß gegeben. Die Heiligtümer wurden von allen Griechen gemeinsam verehrt, und die Wallfahrten nach denselben ließen Straßen entstehen, die durch das verhältnismäßig geringe Bedürfnis des Handels allein nicht geschaffen worden wären. Diese Straßen erhielten eine eigenartige Ausbildung. Die Festwagen, die Hauptobjekte, mit welchen diese Wege befahren wurden und auf denen den Göttern die heiligen Gegenstände zugeführt wurden, sollten ohne Unfall ihren Bestimmungsort erreichen können. Um dem Transport dieser hochgebauten, geschmückten und beladenen Festwagen jegliche Störung fernzuhalten, stellten die Griechen in dem felsigen Untergrund eine genaue Bahn für die Wagenräder her, indem sie Spurrinnen im Boden einarbeiteten. Diese Spuren bestanden aus sauber ausgehauenen kleinen Rinnen, deren Überbleibsel noch heute vorhanden sind. Diese Spurwege pflegt man als die erste Entwickelungsstufe unserer modernen Schienenwege zu bezeichnen. Das Einschneiden der Geleisfurchen war die Hauptarbeit des griechischen Wegebaues, und auf diese Thätigkeit ist die den alten Sprachen eigene Ausdrucksweise „den Weg schneiden“ zurückzuführen.

Die nach den Heiligtümern führenden Wege wurden als heilige Straßen betrachtet, nach dem Glauben der Griechen waren auf ihnen die Götter gewandelt, als sie in das Land kamen. Die Schicksale dieser Götter wurden durch Denkmäler veranschaulicht, welche an den Straßenseiten aufgestellt wurden. Auch das Andenken an jene Heroen, die im Dienste der Gottheiten gehandelt oder gelitten hatten, wurde auf gleiche Weise geehrt. Die heiligen Straßen nahmen ihren Anfang an einem heiligen Thor. Durch dieses zogen die Prozessionen aus, um nach dem am anderen Ende der Straße liegenden Heiligtume zu wallfahren. Die Anschauung, daß diese Heerstraßen gottgeweihte Anstalten waren, hatte zur Folge, daß sie auch im öffentlichen Recht und im Völkerverkehr als solche anerkannt wurden, und daß die ältesten Völkerverträge sich auf die Unverletzlichkeit der Pilger bezogen. Mit dieser Heiligkeit der Straßen hängt es zusammen, daß die Alten mit Vorliebe am Wegrande bestattet werden wollten. Den Familiengräbern kam an dieser Stelle außer dem allgemeinen Schutz, den Sitte und Religion hinsichtlich der Grabstätten vorschrieben, noch die besondere Heiligkeit der Belegenheit zu gute. Für besonders ehrenvoll galten die Gräber an den Kreuzungspunkten verschiedener Straßen. Manche dieser Denkmäler hatten eine besondere Weihe und Wichtigkeit, indem sie in dem Rufe wunderthätiger Einwirkung standen. So gab es solche, an denen unglücklich Liebende Abhilfe ihrer Not suchten, oder die für Fieberkranke hilfebringend waren. Die Tempelzugänge wurden frühzeitig gepflastert, bereits in der Odyssee wird der gepflasterten Höfe und Märkte Erwähnung gethan.

Die Anzahl der heiligen Straßen war eine sehr große; als die hervorragendsten sind zu nennen: die Straßen von Delphi, Eleusis, Olympia, Miletos, Anaphe und die Apollonische Straße des Battos in Kyrene (in Afrika).

Von besonderer Bedeutung für den Wegebau und namentlich für die Ausbildung des auf diesen Straßen stattfindenden Verkehrs erwies sich die Thätigkeit des persischen Volkes. Die Schaffung des großen persischen Reiches gab die Möglichkeit zur Herstellung ausgedehnter Verkehrswege, auf welchen der Warentransport ohne Selbstschutz und ohne Furcht vor willkürlicher Belastung erfolgen konnte. Die Einteilung des Reichs in Satrapien rief das Bedürfnis nach regelmäßiger und schneller Verbindung zwischen der Hauptstadt des Landes und denjenigen der einzelnen Provinzen hervor. Von Susa, der Residenzstadt, erstreckten sich Straßen nach Kleinasien, Ekbatana, nach Persepolis und Babylon. Von Susa nach Sardes und Ephesus führte die Königstraße in einer Länge von 2600 km, und diese Straße war geschmückt mit zahlreichen Skulpturen, Palästen, Feuertempeln und Brücken. Die Straßen waren nach Parasangen (Längenmaß = etwa 5300 m) eingeteilt und diese Entfernungen durch Meilensteine kenntlich gemacht. Die Ausbildung des Schnellverkehrs auf diesen Straßen diente den späteren römischen Leistungen als Vorbild.

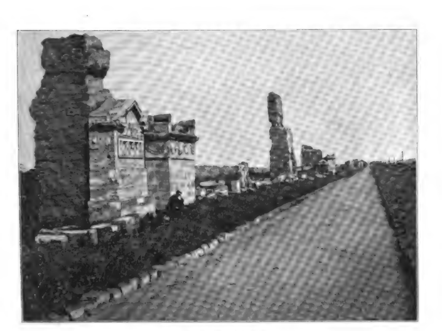
Die Römerstraßen. Die Schöpfungen aller antiken Völker auf dem Gebiete des Wegebaues wurden bekanntlich durch die Straßenbauten der Römer übertroffen. Einerseits ist es die außerordentliche Gediegenheit der Ausführung, anderseits die ungeheuere Ausdehnung des Straßennetzes der Römer, die immer wieder von neuem den Menschen das Gefühl der Bewunderung und des Erstaunens entlockt. Zweck und Ziel dieser Straßenanlagen waren sowohl das Streben nach einer möglichst großen Erhöhung der Kriegsbereitschaft als auch der Wunsch einer weitgehenden Erleichterung des Handelsverkehrs. Der Eigenart der Römer entsprach es, diese Straßen im allgemeinen unbekümmert um die durch natürliche Verhältnisse gebildeten Hindernisse zur Ausführung zu bringen. Sie scheuten weder vor der Durchstechung mächtiger Höhenrücken noch vor der Überbrückung breiter Thäler zurück, wenn es galt, ihr Tracierungsprinzip, die Verbindung zweier Orte womöglich durch die gerade Linie zwischen denselben zu bewirken, zur Geltung zu bringen.

Ganz im Gegensatz hierzu schmiegten sich die Griechen den gegebenen Bodenverhältnissen an und folgten mit ihren Straßen den Thalwindungen, überall vor einem gewaltsamen Eingreifen in die Naturverhältnisse zurückschreckend, jedoch nicht aus Furcht vor der etwaigen Größe der zu bewältigenden Arbeit, sondern veranlaßt durch ein fein ausgebildetes Gefühl, das sich in technischer Beziehung häufig als ein guter Berater erwies.

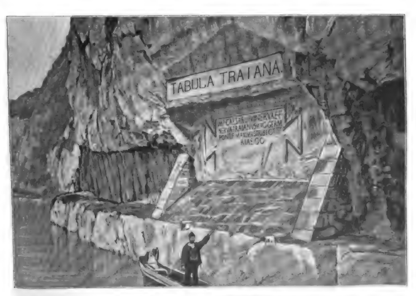
Um ein anschauliches Bild von dem außerordentlichen Umfange der Römerstraßen zu gewinnen, sollen kurz, in Anlehnung an die von dem berühmten verstorbenen Generalpostmeister Stephan vorgenommene Einteilung der römischen Straßen in 5 Gruppen, die Hauptrouten Erwähnung finden.

Sämtliche Straßen gingen von dem Mittelpunkt der Welt, dem Forum romanum aus, woselbst durch Augustus ein vergoldeter Meilenstein (Milliarium aureum) errichtet worden war. Die erste Hauptroute bildete die Verbindung Rom-Afrika. Die Straße ging von Rom über Capua nach Rhegium. Hier fand die Überfahrt nach Sizilien statt, an dessen Nordrand die Straße nach Lilybäum führte, von wo aus man in 24 Stunden nach Karthago segelte. Von Karthago erstreckten sich die Straßen westwärts bis zu den Säulen des Herkules, ostwärts bis Alexandria und Pelusium. — Die zweite Hauptroute war die Straße Rom-Asien. Die Straße führte von Rom über Capua nach Brundisium, dem Überfahrtsort nach Makedonien. Ein großer Zweig erstreckte sich südlich bis nach Thessalien und Griechenland, ein anderer östlich bis zum Chersonnes. An die Überfahrt über den Hellespont schlossen sich Straßen an, die sich verzweigten a) nach Armenien und dem Phasis, b) bis zum Euphrat, c) durch Syrien, Palästina über die Landenge von Suez nach Alexandria. — Die dritte Hauptroute bildete die Verbindung Rom-Byzanz. Die Straße führte von Rom über Ariminum und Aquileja durch Istrien, Illyrien, Pannonien, Mösien, Thrakien nach Byzanz, von hier über den Bosporus nach Asien. — Die vierte Hauptroute war der Straßenzug Rom-Hispanien. Die Route ging über Centumcellä (den berühmten Hafenort Trajans), Pisa, Genua, Massilia, Narbo und über die Pyrenäen nach Hispanien, welches Land von einer großen Zahl Straßen durchzogen war. — Die fünfte Hauptroute bildeten die Straßenzüge von Rom nach Germanien und Britannien.

Die Route Rom-Afrika enthielt die oft genannte und viel gerühmte, von den Dichtern als die „Königin der Straßen" gepriesene Via Appia, von welcher Abb. 23 eine Ansicht



23. Die Via Appia bei Rom.

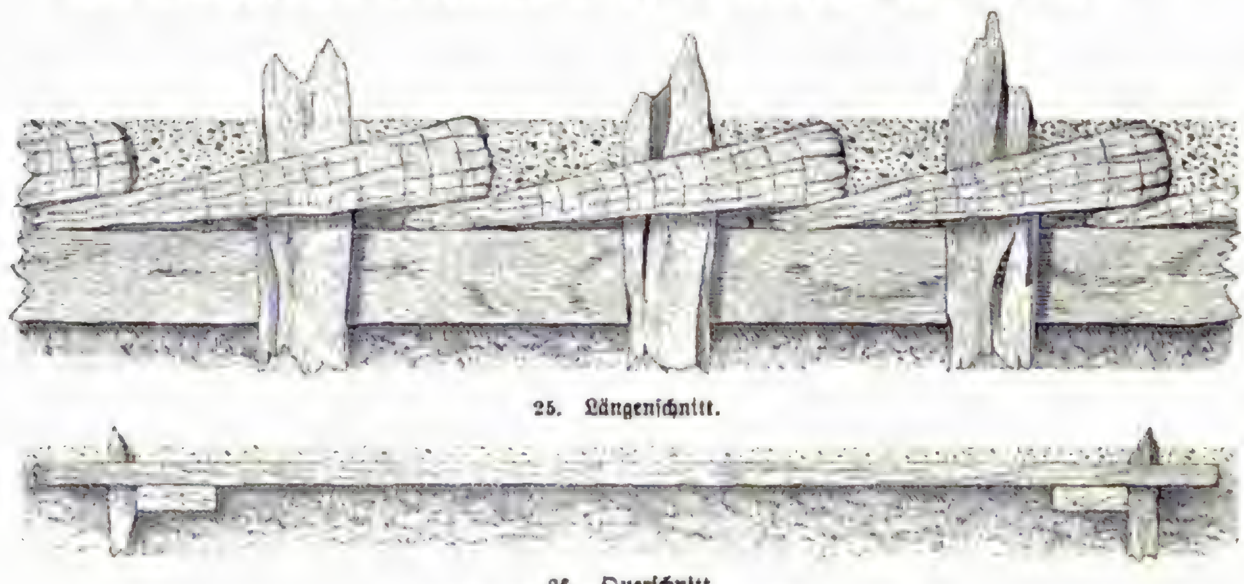


24. Die Trajansstraße am Kasanpaß.

Digitized by Google

mit den an dieser Straße belegenen Grabdenkmälern gibt. Diese Straße wurde auf Veranlassung des Zensors Appius Claudius erbaut und zwar aus militärischen Gründen; sie durchschnitt die oft geschilderte Campagna, deren Hauptreiz nicht zum mindesten in dem in ihr erstorbenen Leben besteht. Die Königin der Straßen führte in gerader Richtung auf das Albaner Gebirge und weiter nach Campanien und nach den beiden während einer langen Zeit wichtigsten Häfen Italiens: Puteoli und Brundusium. Viel wurde diese Heerstraße im Altertum zu Lustfahrten benutzt, wobei die Römer und Römerinnen ihre glänzenden Gespanne oder auch sich selbst bewundern ließen. Zahlreiche römische Patrizier fuhren auf derselben von ihren Landsitzen nach der Stadt, um in dieser ihren Pflichten als Mitglied der Behörden oder des Gerichts, als Hofmann oder als Senator nachzukommen.

Von der dritten Route verdient besonders die Trajansstraße auf dem rechten Donauufer Erwähnung. In der Gegend des Eisernen Thores war dieselbe teils in die Felsen eingearbeitet, teils ruhte sie auf Auslegern, welche aus den Felswänden hervorragten. Die Erinnerung an die von den Römern hier sowohl am Lande wie im Strom geschaffenen Bauten haben mehrere Inschriftentafeln wachgehalten. Abb. 24 zeigt die Tabula Traiana am Kasanpaß. Der kunstvoll verziert gewesene Rahmen und die geflügelten Geniusgestalten sind zwar im Laufe der Jahrhunderte verschwunden, der Text ist jedoch noch ziemlich erhalten.



25. Längenschnitt.

26. Querschnitt.

25 u. 26. **Römischer Bohlenweg.**

Der Straßenzug Rom-Germanien umfaßte eine Anzahl Alpenstraßen. Die Römer benutzten bereits folgende Pässe: Großer St Bernhard, Simplon, Julier und Septimer, Splügen, Brenner, Mont Cenis, Mont Genèvre. Die keltischen Stämme dürften auf ihrem Zuge nach Italien eine uralte Völkerstraße benutzt haben, die von der mittleren Rhône über Chambéry und durch das obere Thal der Isère an dem kleinen St. Bernhard vorüber und weiter in das Thal der Doria nach Aosta und Ivrea führte. Die römischen Alpenstraßen sind sehr gut geführt. Sie folgen den sonnigen Seiten der Berge, schmiegen sich dem Terrain an und vermeiden große Thalübergänge.

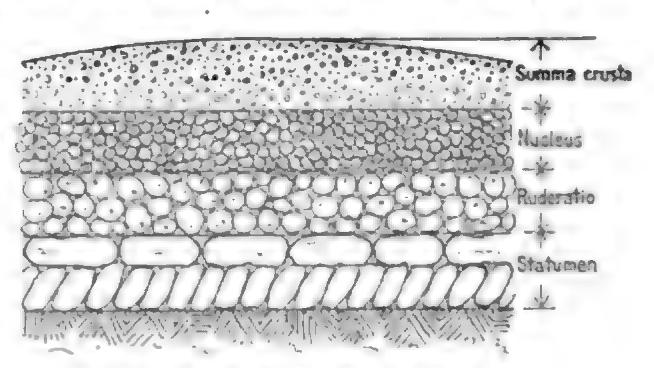
Die Römerstraßen sind in sehr verschiedener Art und Weise konstruiert; die Römer wußten sich sehr wohl den Verhältnissen der einzelnen Länder anzupassen und bauten ihre Straßen je nach dem vorhandenen Materiale aus. Während auf vielen Strecken die Römerstraßen aus einer so festen Steinmasse bestanden, daß man sie mit Recht mit umgelegten Mauern verglichen hat, nötigten die Verhältnisse in den Niederungen Germaniens (an dem unteren Rhein und der Weser, besonders auch im Oldenburgischen) die Römer zu einer vollständig abweichenden Konstruktion. Noch heute finden wir in den Moorgegenden die Überreste der römischen Bohlenwege, wie solche in den Abb. 25 u. 26 dargestellt sind. Neuerdings taucht allerdings die Ansicht auf, daß diese Anlagen nicht römischen Ursprungs sein könnten. Man hat nämlich auch östlich der Elbe bis nach Westpreußen hin ganz ähnliche Anlagen gefunden, d. h. in Gegenden, welche, wie man mit Bestimmtheit weiß, nicht von den Römern betreten worden sind.

Man kann im allgemeinen bei den Römerstraßen vier Lagen des Unterbaues unterscheiden (s. Abb. 27). Die unterste Lage hieß „Statumen“; sie bestand aus einer oder zwei Schichten flacher Steine, die nicht selten in Mörtel verlegt waren. Die zweite Lage führte die Bezeichnung „Ruderatio“. Sie wurde durch faustgroße, in Mörtel verlegte Kiesel gebildet. Die Bezeichnung der dritten Schicht war „Nucleus“. Hierzu fanden

nußgroße Kiesel Verwendung. Die vierte Lage bildete die Abdeckung der Straße. Diese Schicht wurde „Summa crusta“ genannt und bestand aus Pflaster oder Beschotterung. Die Straße wurde der Breite nach in drei Teile getrennt. Der mittlere, meist etwas gewölbte Teil hieß „Agger“. Derselbe war von den Seitenwegen durch Bordsteine abgesondert. An den Fahrbahnen standen besondere Steine zum Aufsteigen der Reiter. Diese Vorkehrung war nötig, da man die Steigbügel nicht kannte. Diese Erfindung wurde in Europa erst im 4. Jahrhundert bekannt.

Die oben angegebenen fünf Hauptrouten bildeten die Hauptmaschen des römischen Straßennetzes, das durch Straßen untergeordneter Bedeutung in eine große Anzahl engerer Maschen zerlegt wurde. Man schied die Straßen in Heer- und Provinzialstraßen, Gemeindewege, Fußpfade und Hohlwege. Der französische Gelehrte Bergier hat die Gesamtlänge auf 10000 geographische Meilen geschätzt, eine Zahl, welche die neuere Forschung als etwas zu hoch ansieht. Die Aufsicht über dieses wichtige Gebiet lag besonderen Kommissionen ob. Es galt für eine sehr hohe Ehre, mit der Oberaufsicht (curatores) betraut zu werden. Die Unterhaltung erfolgte aus öffentlichen Mitteln und wurde in den meisten Fällen dem Mindestfordernden übertragen. Julius Cäsar ordnete eine allgemeine Straßenvermessung an, ein Unternehmen, das erst unter Augustus vollendet wurde.

Hervorragende Verdienste auf dem Gebiete des Straßenbaues fanden durch Errichtung von Ehrenbogen einen sichtbaren Ausdruck. So wurde im Jahre 27 v. Chr. Augustus in Rimini ein solcher Bogen errichtet. Aus gleicher Veranlassung errichtete man Kaiser Trajan einen Ehrenbogen in Benevent. Mit dem römischen Straßenbau hängt auf das engste die Ausbildung des römischen Postwesens, des cursus publicus, zusammen. In den Zeiten der Republik wurden die Regierungs-Depeschen lediglich durch Eilboten (viatores) übermittelt. Zur Beschleunigung ihrer Beförderung wurde ein ausgebildetes Vorspannwesen eingeführt. Die Entstehung des eigentlichen cursus publicus fällt in die Kaiserzeit. Augustus wurde auch bei dieser Schöpfung von seinem Freund und Schwiegersohn Agrippa thatkräftig unterstützt. Das gesamte Straßennetz wurde in bestimmte Wegestrecken eingeteilt. An diesen Teilpunkten befanden sich Stationen, die man nach ihrer Bedeutung in mansiones und mutationes unterschied. Die Entfernung zwischen je zwei mansiones, die nicht selten mit prächtig eingerichteten Wohngemächern der Kaiser ausgestattet waren, betrug eine Tagesreise. Die mutationes waren Futterstationen. Auf den Stationen befand sich die nötige Anzahl Pferde (etwa 40), damit jederzeit ein Pferdewechsel eintreten konnte. Zum Ziehen der Wagen, die eine sehr verschiedene Gestalt aufwiesen, wurden Pferde, Ochsen, Maulesel und Esel benutzt, der eigentliche Postreisewagen, die rheda currens, konnte 2 bis 4 Personen aufnehmen. Alle Einzelheiten des gesamten Betriebs waren auf das genaueste geregelt. Die oberste Leitung des cursus publicus lag in den Händen des Praefectus praetorii. Die Geschichte hat die von einzelnen hervorragenden Persönlichkeiten auf den Römerstraßen zurückgelegten Schnellfahrten verzeichnet. Cäsar namentlich war wegen seiner raschen Reisen berühmt, nach Sueton legte er mittels Wagen in einem Tage 148 km zurück, d. h. also bei einer 13 bis 14 stündigen täglichen Fahrzeit etwa 11 km in der Stunde. Als durchschnittlich erzielte Geschwindigkeit kann die von 6 bis 8 Meilen pro Tag bezeichnet werden. Im großen und ganzen diente der cursus publicus ausschließlich Staatszwecken. Die Reisenden waren Staatsbeamte, Militärpersonen, Veteranen und solche Personen, denen ausnahmsweise ein Fahrschein (evectio) erteilt worden war. Die Unterhaltung dieser Verkehrseinrichtung lag den Provinzbewohnern ob, die auch für die Versorgung der Reisenden aufkommen mußten. Die Belastung der Betroffenen war eine sehr erhebliche, und hierauf ist es zurückzuführen, daß im Gegensatz zu unserer Zeit nicht selten Proteste gegen die geplante Durchführung des cursus publicus durch irgend eine Gegend von



27. Querschnitt einer Römerstraße.

deren Bewohnern erhoben wurden. Die Blütezeit des römischen Staatspostwesens war von der Mitte des 1. bis zum Schlusse des 3. Jahrhunderts. Zu jener Zeit erstreckte sich der cursus publicus von dem Piktenwall in Britannien bis zum Wendekreis des Krebses und von den Säulen des Herkules bis zum Euphrat.

Über das gesamte Hauptstraßennetz gab es Karten, Itinerarien, auf welchen alle Stationen aufgeführt waren. Am berühmtesten von den auf uns gekommenen Karten ist die Peutingersche Tafel, so genannt nach ihrem einstigen Besitzer, dem Augsburger Stadtschreiber Konrad Peutinger (gest. 1547). Dieser Karte liegt ein Itinerarium aus dem 4. Jahrhundert zu Grunde.

Der Niedergang und Zusammenbruch des römischen Weltreichs übte erklärlicherweise auch auf die wichtige Staatseinrichtung des cursus publicus einen ungünstigen Einfluß aus. Durch Kaiser Leo (457 bis 474 n. Chr.) erfuhr dieselbe bereits eine weitgehende Einschränkung. Der cursus publicus ging zwar in der Folgezeit noch nicht völlig unter, und sowohl die Merowinger wie die Westgoten versuchten die Vorteile, welche diese Einrichtung der Obrigkeit auf Kosten der Provinzbewohner bot, zu erhalten, allein die Benutzung fand nur zeitweilig statt, und dieser Umstand mußte naturgemäß die Leistungsfähigkeit bedeutend herabdrücken. Karl der Große scheint ein Gesetz erlassen zu haben, nach welchem für die königlichen Kommissarien Stationen zu erhalten waren, der Post- und Fahrverkehr in der früheren Form erhielt sich nicht. Erst 1464, also am Ende des Mittelalters, wurde wiederum eine Staatspost und zwar durch Ludwig XI (1461 bis 1483) in Frankreich eingerichtet.

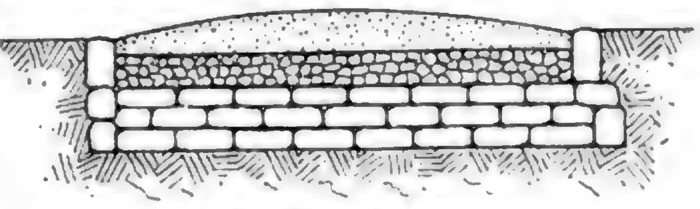
Während die Straßen in Europa das ganze Mittelalter hindurch viel zu wünschen übrig ließen, trafen die spanischen Eroberer in dem neuentdeckten Erdteil, in Amerika, in Peru und Mexiko auf zahlreiche, gebahnte und wohlerhaltene Straßen, auf denen in Peru eine gut organisierte Kurierpost verkehrte. Die Straßen des Inkareiches, besonders die in einer Länge von 400 bis 500 Meilen hergestellte große Inkastraße, sind geeignet, auch heute noch unsere Bewunderung zu erregen. Der Straßenkörper war aus mächtigen Hausteinen und sorgfältig aneinandergefügten Deckplatten hergestellt. Auf außerordentlich großen zusammenhängenden Strecken ist diese Straße in die Felsen eingehauen. Über die Flüsse und tiefe Schluchten führten hängende Brücken, deren Tragekonstruktion aus Weidengeflecht hergestellt war und deren Fahrbahn durch Bohlen gebildet wurde. In Entfernungen von $2\frac{1}{2}$ bis 3 Meilen befanden sich Unterkunftsräume für die stets bereitstehenden Postläufer. Auf diesen Straßen wurden Tagesleistungen von 36 bis 40 Meilen erreicht. Gleich dem römischen cursus publicus dienten auch diese Einrichtungen lediglich dem Staatsinteresse.

Auf die Inkas von Peru glaubt man auch die Überreste sehr schöner Straßen zurückführen zu können, welche man auf der Llano del Pullal, deren Höhe die des Pic von Teneriffa übersteigt, aufgefunden hat. Diese Straßen sind von großen behauenen Steinen begrenzt, und Alexander von Humboldt stellte sie auf eine Stufe mit den besten Römerstraßen Italiens, Galliens und Hispaniens. Die Fahrbahn ist vollständig eben und hat auf eine Länge von 6 bis 7 französischen Meilen die gleiche Richtung. Die Spuren desselben Weges glaubte Alexander von Humboldt bei Caxamorca, 120 Meilen südlich von Assuay wiedergefunden zu haben, und die Ansicht herrscht, daß die Straße nach Cuzco führte.

An der Nordküste von Columbia in der Sierra Nevada hat man die Überbleibsel von Straßen der Arhuaco-Indianer aufgefunden. Diese alten gepflasterten indianischen Straßen, die von Masinga la Nueva ausgehen, bestehen aus behauenen runden Granitblöcken von 40 cm Länge und 20 cm Breite, und drei solche Steine liegen nebeneinander. Das Ganze ist durch Kantsteine eingefaßt. Diese Straße zieht sich in schnurgerader Richtung zwei Stunden weit hin und geht über ein 300 m hohes Hügelland. Wahrscheinlich führte dieser Weg nach einem zur Abhaltung von Festen und religiösen Zeremonien dienenden Versammlungsort. Eine eben solche Straße ist zwischen Mamatoco und Minca vorhanden. Auch noch an anderen Stellen hat man im Gebirge Spuren derartiger Straßenanlagen, deren Breite 3 bis 4 Fuß beträgt, gefunden. Brücken sind gleichfalls vorhanden, können jedoch nur von Menschen und Hunden passiert werden, Pferde und sonstige Saumtiere müssen die Furten benutzen.

In den meisten Distrikten Amerikas blieb für lange Zeit die Benutzung von Lasttieren im Gebrauch. In Nordamerika entstanden erst nach 1800 die ersten Straßen und zwar nach der Methode von Mac Adam, auf welche bei Beschreibung des englischen Straßenwesens in neuerer Zeit zurückzukommen sein wird.

In Europa blieben bis über die Mitte des 18. Jahrhunderts hinaus die Wegeverhältnisse im allgemeinen sehr traurige. In Brabant und Flandern ging man zuerst damit vor, dem Wegekörper eine feste Beschaffenheit zu geben. In Deutschland erwies sich die Kleinstaaterei erklärlicherweise als ein sehr hemmendes Element in der Förderung eines durchgehenden einheitlichen Wegenetzes, welche Bestrebungen in Frankreich, begünstigt durch die Zentralisation der Staatsgewalt, neben welcher die Verwaltung der einzelnen Staatsgebiete bis zur Revolution eine sehr dezentralisierte war, einen viel günstigeren Erfolg aufwiesen. Der erste französische kunstgemäße Straßenbau kam im Jahre 1556 zur Ausführung, ohne jedoch zunächst weitere Anlagen dieser Art nach sich zu ziehen. Der Wegekörper der genannten Straße ward in einer Breite von 2,5 Toisen = 4,87 m aus Steinmaterial hergestellt, die Seitenflächen blieben in ihrem losen Naturzustand. Die unablässig erlassenen Mandate der Könige bewirkten wenigstens so viel, daß das Land mit einem zusammenhängenden Netz von Straßen und den erforderlichen Brücken überzogen wurde. Im Jahre 1576 wurde die Benutzung der Post, die bis dahin ausschließlich staatlichen Zwecken diente, den Privatpersonen freigegeben, 1605 wurde diese privatseitige Benutzung auch auf die Beförderung von Personen und Gepäckstücken ausgedehnt. Die Beschaffenheit der Straßenoberfläche war jedoch noch während langer Zeit eine ziemlich primitive, und der Hauptunterschied zwischen den sogenannten „grands chemins" und den Straßen untergeordneter Bedeutung bestand lediglich in der verschiedenen Breitenabmessung. Erst mit dem 17. Jahrhundert begann eine merkliche, jedoch sehr langsame Besserung. Heinrich IV. (1589 bis 1610) übertrug seinem Minister Sully das Amt eines Oberaufsehers über alle Straßen. Sully schlug dem König vor, jährlich eine gewisse Summe auf die Wege zu verwenden. Im Jahre 1600 wurden für diesen Zweck 18000 Frank ausgeworfen, 1606 betrug die Summe bereits 3 Millionen. Colbert führte das von Sully Begonnene weiter. Nicht selten wurden besondere Maßregeln ergriffen, so bei dem Bau der Straße von Paris nach Orleans, einer der ersten gepflasterten Straßen Frankreichs. Der Bau begann 1675, die Fuhrleute, welche gewöhnlich Wein von Orleans nach Paris brachten und leer zurückfuhren, mußten Sand und Pflastersteine auf ihre Karren laden und sie nach der Stelle bringen, an welcher an dem Wege gebaut wurde. Die Mehrzahl der Wege blieb jedoch auch jetzt noch in einem wenig befriedigenden Zustande, an dem die Unterhaltungsweise der Straßen durch Frondienste einen nicht geringen Anteil hatte. Sämtliche Landbewohner von 16 bis 65 Jahren mußten 20, 30, in manchen Gegenden 40 Tage im Jahre unentgeltlich an der Herstellung der Straßen arbeiten, und die nächstgelegenen Gemeinden mußten die Arbeiter verpflegen. Als die Verarmung der Landbewohner zu sehr zunahm, wurde endlich im Februar 1776 der Frondienst abgeschafft und an dessen Stelle eine allgemeine Geldsteuer eingeführt.



28. Französischer Straßenunterbau.

In Deutschland war seit 1516 eine Posteinrichtung vorhanden, die Franz von Taxis übernommen hatte. Die von den Posten benutzten Straßen erhielten den übrigen gegenüber eine erhöhte Bedeutung, und ihrer Beschaffenheit mußte naturgemäß eine weitergehende Beachtung wie früher zugewandt werden, doch war diese Pflege zunächst noch eine sehr wenig weitreichende. Der übliche Einwurf von Reisig und Steinen in etwaige Vertiefungen bezeugt zur Genüge den tiefen Stand der Straßenbautechnik. Der Dreißigjährige Krieg wirkte in dieser Beziehung sehr nachteilig, und so ist es zu erklären, daß erst seit der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts eine Wandlung zum Guten zu bemerken ist.

Zu diesem Zeitpunkte begann man in Europa erst wieder mit dem Ausbaue besteinter Straßen außerhalb der Städte, und zwar ging die Anregung von Fürsten aus, welche in der Nähe ihrer Hauptstädte breite Wege mit schmalen Steinbahnen und stattlichen Baumreihen herstellen ließen. Für den Straßenunterbau kam zunächst namentlich die

alte französische Bauweise in Betracht, welche in Abb. 28 veranschaulicht ist. Hierbei wurden auf einer Unterlage von großen flachen Steinen kleine zerschlagene Steine und auf diese zerschlagene Kiesel aufgebracht. Die letzte Lage wurde an der Oberfläche gewölbt, damit das Wasser abfließen konnte. Die Breite der Fahrbahn betrug etwa 5 m. Ähnlicher Bauart waren die Straßen in Österreich und Preußen. Die aufkommenden „Wegeordnungen, Straßen- und Wegereglements“ beschäftigten sich jedoch in der Hauptsache mit der Breitenbestimmung und mit der Freihaltung der Wege von Bäumen und Gebüsch, sowie mit den Forderungen von Seitengräben und Durchlässen.

29. Holzbrücke über die Albula am Schynpaß.

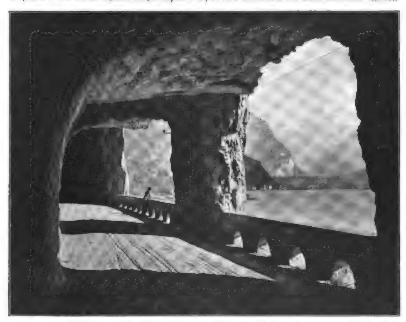
Was dem Straßenbau hauptsächlich mangelte, war eine rationelle Herstellungsweise. Neben den französischen Ingenieuren ist in erster Linie dem berühmten englischen Ingenieur Telford die Lösung dieser Aufgabe zu danken. Derselbe legte 1200 km Hauptwege an und baute über 1200 Brücken, von denen viele allerdings unbedeutend sind, unter welchen sich jedoch auch sehr bedeutende Werke, wie die Menai- und Cornwaybrücke befinden. Namentlich für Schottland erwiesen sich die Telfordschen Bauten von weittragendem Einfluß und hatten eine vollständige Veränderung des schottischen Lebens im Gefolge. Die einzigen wirklichen bis dahin im Lande vorhanden gewesenen Straßen waren in den Jahren 1715 und 1745 von Soldaten hergestellt worden. Dieselben wurden im allgemeinen wenig benutzt, denn die Hochländer waren stolz darauf, Fischer, Jäger oder Viehdiebe zu sein, und dankten Gott dafür, daß in ihren Adern kein Tropfen von dem Blute der Marschbewohner floß, sie benutzten lieber die alten sogenannten Cattle tracks längs der Berge. In diese Lebensweise griffen Telfords große Straßenbauten mächtig ein. Bei ihrer Ausführung lernten die Leute arbeiten und gute Werkzeuge gebrauchen, Werkzeuge, von deren Vorhandensein sie bisher keine Ahnung gehabt hatten. Der zuletzt erwähnte günstige Einfluß der Ausführung großer Ingenieurwerke läßt sich in vielen Fällen nachweisen und darf nicht unterschätzt werden.

Der englische Straßenbau erfuhr in unserem Jahrhundert durch Mac Adam (1820) eine weitere Förderung. Nach diesem schottischen Ingenieur haben die makadamisierten

Digitized by Google

Straßen ihre Bezeichnung erhalten, obgleich der Genannte in Wirklichkeit nicht der Erfinder dieser Straßenbauweise ist, die bereits früher in verschiedenen Ländern, so namentlich in Schweden, zur Anwendung gekommen war. Mac Adam erwarb sich durch die Verbesserung des englischen Straßenbauwesens große Verdienste. Die sogenannten makadamisierten Straßen bestehen nur aus kleinzerschlagenen Steinen ohne einen aus größeren Stücken hergestellten Unterbau. Patterson bildete diese Methode weiter aus.

Die im Jahre 1747 gegründete Ecole des ponts et chaussées, deren erster Direktor der Ingenieur Perronet war, trug zur Hebung der technischen Fächer ganz außerordentlich viel und so auch zur Förderung des Straßen- und Brückenbaues bei. Frankreich wurde mit einer stattlichen Anzahl von Heerstraßen bedacht. Durch die Revolution trat auch auf diesem Gebiete ein Stillstand ein, welchem Napoleon wiederum ein Ende bereitete. Waren



30. Die Axenstraße am Vierwaldstätter See.

es auch meistens zunächst militärische Gründe, welche den Anstoß zu den ausgedehnten Straßenbauten gaben, so war doch dieser Herrscher viel zu weitschauend, um nicht die große allgemeine Bedeutung guter Verkehrswege zu erkennen. Nicht nur in Frankreich, sondern auch in allen jenen Gebieten, welche in die Hände dieses Eroberers fielen, entstanden neue Straßen. Anzuführen sind die Verbindungen zwischen Grenoble und Briançon, von St. Esprit nach Turin über den Mont Genèvre, von Antwerpen nach Amsterdam, verschiedene Straßen in Deutschland, von Bordeaux nach Bayonne, von Nizza nach Rom, von Genua nach Piacenza, von Spezzia nach Porto-Venere, von Florenz nach Parma, von Savona nach Alessandria, von Carcare nach Ceva, von Genua nach Novi, vom Mittelländischen zum Adriatischen Meere. Unter den zahlreichen auf Napoleons Anregung geschaffenen Straßenbauten nehmen die Alpenstraßen, namentlich die Straße über den Simplon, den ersten Rang ein.

Wie in so vielen anderen Landstrichen, so waren auch in der Schweiz die Kunststraßen mit dem Zurückdrängen der Römer ihrem Verfall entgegengegangen. Erst im

Digitized by Google

10. Jahrhundert begann sich der Straßenbau hier wieder ganz allmählich zu regen. Durch die Wallfahrten nach bestimmten Gnadenorten und namentlich durch die Pilgerfahrten und Kreuzzüge erlangten die Verkehrswege in den Alpenregionen wieder eine größere Bedeutung. Außerordentlich zahlreich sind die an die Alpenstraßen und an die Tiroler Päße sich anknüpfenden Erinnerungen. Auf diesen Bergübergängen zog eine große Zahl deutscher Fürsten nach Italien; Pipin überschritt die Alpen, um dem Papst Stephan III. zu Hilfe zu eilen, Karl der Große brachte die Kaiserkrone mit, als er in die Lombardei eingefallen war und das Römische Reich Deutscher Nation begründet hatte. In einem Dorfe an der Fernstraße starb Lothar der Sachse, als er nach Wiederherstellung des kaiserlichen Ansehens aus Italien heimkehrte. Kaiser Ludwig der Bayer zog diesen Weg, und Konradin schlug die gleiche Straße ein, als er nach Neapel reiste, um in dem „Lande der Sehnsucht" unter dem Beile sein Leben auszuhauchen. Tausende jener Ritter, die das Kreuz genommen hatten, zogen unter Bonifaz von Montferrat über den Mont Cenis und unter Balduin von Flandern über die Tiroler Päße nach Venedig. Jahrhunderte später fanden an diesen die Kämpfe eines mutigen Volkes gegen den gewaltigen Unterdrücker der europäischen Nationen statt.

Bis zum Beginn unseres Jahrhunderts blieben die Alpenstraßen durchgängig in einer schlechten Beschaffenheit. Nur die Fernstraße wurde schon im 16. Jahrhundert in fahrbaren Zustand versetzt. Für die großen Armeebewegungen über die Alpen mußten ganz außerordentliche Hilfsmittel angewandt werden. Im Mittelalter wurde der Frachtverkehr fast ausschließlich durch Saumtiere beschafft. Es galt als ein gewagtes Unternehmen, die Alpen anders als mit Maultieren oder Saumrossen zu überschreiten. Die Unterhaltung der Bergpäße war sehr mangelhaft. Sie wurde von den Anwohnern kümmerlich besorgt und geschah meistens als Gegenleistung für kaiserliche Privilegien. An den großen mittelalterlichen Hauptstraßen entwickelte sich ein ganzes System von Geleitsrechten, Zöllen, Fürleitrechten, Wegerechten, Lad- und Abladrechten und Suchtenrechten.

In Graubünden gelangten diese Rechte in den Besitz von sogenannten Portens-Gemeinden, welche das ausschließliche Recht des Transportes von Waren und Reisenden in Anspruch nahmen und dafür die Straßenunterhaltung besorgten. Abb. 29 zeigt eine Partie der von Thusis längs der Albula nach Tiefenkasten führenden Kunststraße dieses Kantons und zwar die Solysbrücke über die Albula am Schynpaß. Am Albulapasse wurde im Jahre 1696 über dem Bergünerstein ein Stück Straße in den Felsen gesprengt, welche Arbeit deshalb besonders bemerkenswert ist, weil bei diesem Anlasse zum erstenmal das Pulver zum Sprengen beim Straßenbau verwandt wurde.

Seit dem Jahre 1797 wendete General Bonaparte dem Simplon seine ganz besondere Aufmerksamkeit zu. Die Ausführung dieser ersten modernen Kunststraße über die schweizerischen Bergpäße wurde am 7. September 1800 von Frankreich, Italien und Wallis als gemeinsames Werk beschlossen. Wallis beteiligte sich an diesem Unternehmen durch die Übernahme von Frondiensten. Die Kosten der 182 km langen Strecke vom Genfer See bis an den Lago maggiore wurden zu 12 116 000 Frank veranschlagt. Bereits im Jahre 1805 konnte das Werk seiner Bestimmung übergeben werden. Während fünf Sommer waren 5000 Arbeiter mit dem Bau beschäftigt, 611 größere und kleinere Brücken und 525 m Tunnel wurden ausgeführt. Die Simplonstraße ist die schönste und kostbarste aller schweizerischen Alpenstraßen, und das Andenken ihres Entwerfers, des Divisions-Inspektors Ceard, verdient erhalten zu bleiben. Der höchste Punkt der Straße liegt 2010 m über dem Meere.

Ein Erfordernis all jener Straßen, welche die Schneeregion erreichen oder Schneestürzen (Lawinen) ausgesetzt sind, ist die Erbauung von Galerien. Diese Galerien werden entweder in die Felsen gesprengt oder gemauert (Abb. 31), vielfach zeigen dieselben beide Bauweisen. In gewissen Abständen werden in der freiliegenden Galeriewand Öffnungen, Fenster, hergestellt, um dem Gange Licht zuzuführen. Die gleiche Konstruktion zeigt die jährlich von Tausenden Touristen benutzte, am Vierwaldstätter See entlang führende Axenstraße, von welcher Abb. 30 einen der bekanntesten Teile wiedergibt.

31. Die Schoellenen (Gotthardstraße).

32. Die Stilfserjochstraße von der Franzenshöhe aus gesehen.

Digitized by Google

Die Straße über den **Mont Cenis** verdankt ebenfalls Napoleon I. ihre Entstehung. Der Entwurf rührt von dem Ingenieur Dausse her. Diese Straße, deren Länge ungefähr 9 Stunden beträgt, hat einen Kostenaufwand von fast 5 Millionen Mark erfordert. Auf derselben wurde im Jahre 1812 Papst Pius VII. von Gendarmen nach dem ihm von Napoleon angewiesenen Ort Fontainebleau geleitet.

Bereits früher als die vorstehend genannten Alpenstraßen war eine andere Gebirgsstraße entstanden, welche aus dem Etschthal in Tirol über das **Stilfser Joch** durch das Veltlin längs dem Comer See nach Mailand führt. Diese Verbindung wurde unter Kaiser Franz I. (1745 bis 1765) begonnen. Für ihre Entstehung waren ebenfalls in erster Linie militärische Gesichtspunkte maßgebend. Diese Schöpfung ist ein Werk der Ingenieure Domigani und Dominici. Tausende von Arbeitern waren drei Jahre lang an dem Werke beschäftigt. Vielfach hingen dieselben während der Arbeit an Stricken oder schwebten auf kleinen Stellagen über den Abgründen. Die malerischsten Partien der Straße befinden sich bei Trafoi und Bormio. Abb. 32 zeigt das Bild, welches die Straße von der Franzenshöhe aus gewährt. Bei Bozen vereinigt sich die Stilfserjochstraße mit der großen Straße, welche von Innsbruck über den Brenner nach Italien führt. Die von der Stilfserjochstraße erreichte Paßhöhe übertrifft die der übrigen Alpenstraßen. Es liegt der höchste Punkt der Simplonstraße 2010 m, der Bernhardinstraße 2063 m, der Mont-Cenisstraße 2071 m, der St. Gotthardstraße 2114 m, der Splügenstraße 2117 m, der Julierstraße 2287 m, der Septimerstraße 2311 m, der Straße über das Stilfser Joch 2930 m über dem Meeresspiegel.

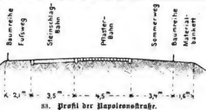
Der Bau der **Splügenstraße** ist als ein denkwürdiges Ereignis in der Ingenieurwelt zu bezeichnen, da bei demselben infolge des ungemein steil abfallenden Bergteiles auf italienischer Seite vom Splügenpaß bis nach Chiavenna ganz außerordentliche Terrainschwierigkeiten zu überwinden waren. Um einer gänzlichen Ablenkung des Verkehres von ihrem Gebiete vorzubeugen, schritten die inneren Kantone der Schweiz zur Ausführung der **Gotthardstraße**. Diese Straße (Abb. 31) erfreute sich ihrer Felsengewölbe und ihrer schwindelnden Brücken wegen, wie nicht minder infolge ihrer kühnen Sprengungen und ihrer künstlichen Linienführung einst eines hohen Ruhmes. In dem Jahre ihrer Vollendung (1830) fand auf englischem Boden jenes weltbewegende Ereignis, die Eröffnung der Bahn von Liverpool nach Manchester, statt, das wenige Jahrzehnte später auch in der Schweiz Schienenwege entstehen ließ, die gleichsam mit magnetischer Kraft den Verkehr an sich zogen und den Alpenstraßen einen nicht geringen Teil ihrer Bedeutung entzogen.

In Deutschland datiert der moderne Straßenbau aus dem Anfange dieses Jahrhunderts, die Klagen über schlechte Wege gehörten bis dahin zu den alltäglichen Erscheinungen. So beschwerte sich ein Reisender, der den 1784 neueröffneten holsteinischen Kanal (Eiderkanal) in Augenschein nehmen wollte, über die barbarischen Wege in Holstein und äußerte den frommen Wunsch, daß denen, die sie vernachläisigten, auferlegt werden möchte, sie zu befahren, damit ein gewisser Teil ihres Körpers sie beim Durchstoßen belehre, was Gemeinnützigkeit und Menschlichkeit von ihnen forderten.

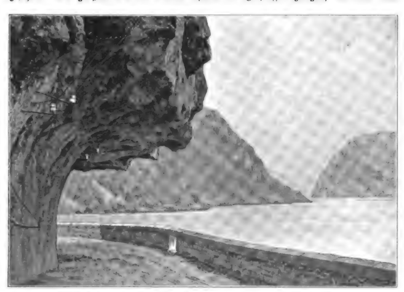
Auf Napoleons Geheiß wurde im Jahre 1804 die Straße von Mainz nach Koblenz und 1806 eine solche von Mainz nach Metz gebaut, 1809 wurden Chausseen von Mainz nach Paris, von Nymwegen nach Basel, von Mainz nach Straßburg und von Oppenheim nach Kreuznach angelegt.

Ebenso kam auf Napoleons Befehl die Heerstraße zwischen Wesel und Hamburg zur Ausführung. Durch diese Straße sollte eine schnelle Verbindung mit den nördlichen Departements geschaffen werden. Napoleon erteilte 1811 den Auftrag zu den Arbeiten, die unter dem Divisions-Inspektor **Tarbé** begannen. Die Straße wurde über Scharnbeck, Dülmen, Münster, Telgte, Iburg, Osnabrück, Bohmte, Diepholz, Bassum, Bremen, Ottersberg, Rothenburg, Tostedt und Harburg nach Hamburg geführt. Innerhalb zwei Jahren wurde der Bau vollendet. Abb. 33 zeigt den Querschnitt dieser Straße etwa 7 km westlich von Harburg. Über die beiden Elbarme wurden große hölzerne Brücken geschlagen. Später wurde die Straße von Wesel nach Venlo verlängert.

Von den sonstigen zahlreichen in unserem Jahrhundert in Europa zur Ausführung gekommenen Straßen sei noch der folgenden Erwähnung gethan, die zu den interessantesten Bauobjekten dieser Gattung zählt. Es ist die in den dreißiger Jahren erbaute Széchényistraße an der unteren Donau in der Gegend des Eisernen Thores, von welcher Abb. 34 ein Stück zeigt. Die Herstellung dieser von Vásárhelyi entworfenen und ausgeführten Straße bereitete außerordentliche Schwierigkeiten. Die Straße besitzt eine Breite von 4,75 bis 7,58 m. Für das Ausweichen zweier sich begegnender Wagen sind besondere Ausweichstellen vorgesehen. Der größere Teil der Arbeit bestand aus Felsensprengungen, die direkt vom



33. Profil der Napoleonsstraße.


34. Die Széchényistraße an der unteren Donau.

Strome aus vorzunehmen waren. Für die Arbeiter wurden auf Schiffen Gerüste erbaut, von welchen aus sie die Bohrlöcher in das Gestein einzuarbeiten hatten. Im Jahre 1837 konnte ein Teil der Straße dem Verkehre übergeben werden.

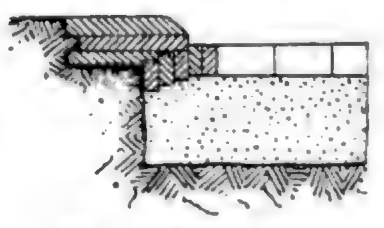
Die Vollkommenheit des heutigen Chausseebaues ist besonders durch die Anwendung von Chausseewalzen erreicht worden. Durch die Walzung wird die Straßenoberfläche fester und somit dauerhafter, und hierdurch findet eine außerordentliche Schonung der Zugtiere und der Fuhrwerke statt, da dieselben nicht, wie früher sehr allgemein üblich war, die lose liegende Steinschüttung festzufahren nötig haben. Die ersten Walzversuche gehen zwar bis zum Jahre 1787 zurück, doch kam die Walze erst seit 1830, namentlich durch die Bemühungen des französischen Ingenieurs Polonceau, in größerem Umfange zur Anwendung. Während früher zum Ziehen der Walzen ausschließlich Pferde benutzt wurden, wird jetzt bei größeren Arbeiten meistens von Dampfwalzen Gebrauch gemacht, da mit denselben eine etwa 30 % größere Leistung erzielt werden kann. Auf die Art des Walz-

Digitized by Google

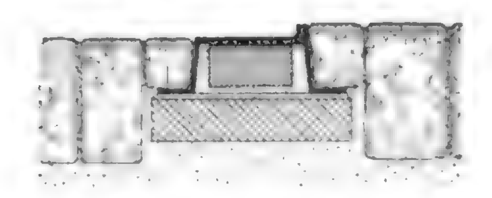
verfahrens und auf die dabei benutzte Dampfstraßenwalze können wir hier nicht näher eingehen.

Noch andere Maschinen kommen bei dem modernen Wegebau zur Anwendung. So benutzt man zum Abschlämmen der Steinbahnen Straßenabschlämmmaschinen und Straßenkehrmaschinen. Zur Herstellung des Steinschlages dienen Steinbrechmaschinen, daneben ist jedoch das Schlagen mit der Hand noch vielfach in Gebrauch.

Für manche Gegenden, so namentlich für Niederdeutschland, haben die Klinkerchausseen eine erhöhte Bedeutung erlangt. Man versteht unter Klinkern Backsteine, die bis zum Sintern gebrannt sind und daher eine größere Wetterbeständigkeit und Festigkeit als Ziegelsteine besitzen. Die Klinkerchausseen werden in der folgenden Weise hergestellt.



35. Klinkerstraße.



36. Schieneneinbauung in einer Landstraße.

Auf einer Sandbettung von 30 bis 40 cm Stärke, die durch Walzen und Rammen gedichtet wird, werden die Klinker versetzt, und zwar an den Fahrbahnkanten die Reihen parallel mit dem Randsteine und dazwischen rechtwinkelig zur Straßenrichtung. Die Versetzung erfolgt im Verbande, d. h. in der Weise, daß die Fugen gegeneinander verschoben sind. Abb. 35 zeigt diese Anordnungsweise.

Statt der Klinker werden neuerdings vielfach Pflastersteine verwendet, ein Zeichen des zunehmenden Volkswohlstandes, der es erlaubt, nunmehr selbst die Verbindungswege zwischen den einzelnen Orten in einer Weise herzustellen, deren Kosten früher nicht einmal für das Innere der Ortschaften erschwungen werden konnten.

Bei den Chausseen unterscheidet man wie bei den städtischen Straßen die eigentliche, in der Mitte liegende Fahrbahn und die Seitenwege. Erfordert der Verkehr nicht die Befestigung der Fahrbahn in ganzer Breite, so läßt man einen Teil unbefestigt liegen, welchen man als Sommerweg bezeichnet. Der Sommerweg bietet den Vorteil einer bequemen Benutzung durch Reitpferde und unbeschlagene Zugtiere, und

37. Gepflasterte Landstraße mit Geleis.

derselbe wird bei trockenem Wetter mit Vorliebe von dem leichteren landwirtschaftlichen Verkehre aufgesucht.

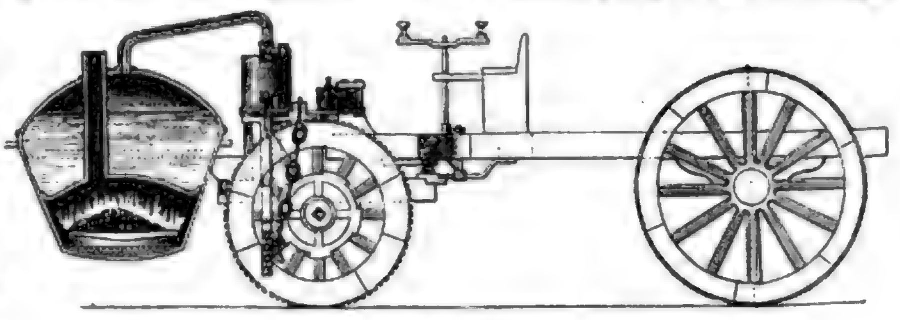
Die üblichen Straßenbreiten für Chausseen mit Obstbäumen sind die folgenden: Steinbahn 3,5 bis 7,0 m, Sommerweg 3,2 bis 5,3 m, Fußweg 2,0 bis 2,9 m, Gesamtbreite 8,7 bis 15,2 m. Diese Maße schwanken je nach der Bedeutung des Verkehres und den Verhältnissen der einzelnen Länder.

Da die von den Zugtieren bei gleicher Schwere des zu ziehenden Wagens aufzuwendende Kraft um so größer wird, je rauher die Fahrbahn ist, so wird umgekehrt bei gleicher Kraftaufwendung die zu ziehende Last um so größer gewählt werden können, je glatter die Fahrbahn für die Wagenräder ist. Daher ist bei einer Eisenbahn das Verhältnis zwischen der Kraftaufwendung und der bewegten Last am günstigsten. Man hat in neuerer Zeit begonnen, diesen Vorteil auch auf den Landstraßen auszunutzen, und zu diesem Zwecke auf den letzteren Schienen gelegt. Hierdurch reiht sich der Entwickelungsgang gewissermaßen wieder dem griechischen Straßenbau, mit seinen in die Felsen eingearbeiteten Geleisen an, nur daß die modernen eisernen Schienen den antiken steinernen

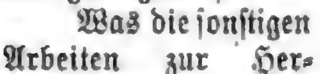
Rinnen durch die Verringerung des Zugwiderstandes außerordentlich überlegen sind. Die ersten Versuche mit derartigen Straßengeleisen sind in Deutschland von dem Baurat Gravenhorst in der Provinz Hannover angestellt worden, woselbst im Jahre 1894 zwischen Stade und Hollern die erste Geleisstraße hergestellt wurde.

Die Abb. 36 u. 37 veranschaulichen die Anordnung eines solchen in einer Landstraße verlegten Straßengeleises.

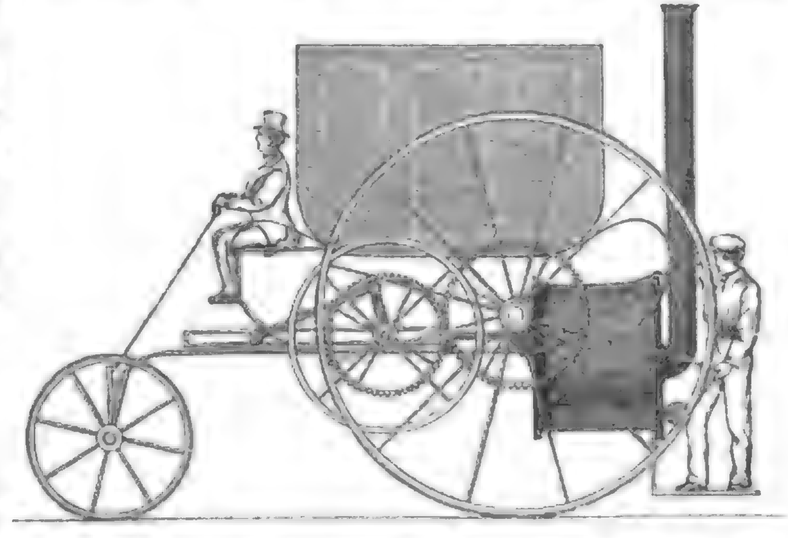
Hinsichtlich der Unterhaltung der Landstraßen unterscheidet man das Decksystem und das Flicksystem. Bei ersterem erfolgt die Befestigung des Kleingeschläges mittels der Dampfwalze, bei der letzteren Unterhaltungsweise wird die Befestigung des Einbettungsmaterials dem über dasselbe hinweggehenden Verkehr überlassen. Das erstere System verdient den Vorzug, da hierbei die Beanspruchung der Zugtiere und der Fuhrwerke eine viel geringere ist.



38. Cugnots Dampfwagen, 1769.



Was die sonstigen Arbeiten zur Herstellung von Straßen anbetrifft, so kommt von diesen in erster Linie das Tracieren derselben in Betracht. Man versteht hierunter die Festlegung der Straßen sowohl in Bezug auf ihre Richtung wie auf ihre Höhenlage unter Berücksichtigung der natürlichen Gestaltung des Geländes. Während diese Arbeit in einem flachen Gelände eine verhältnismäßig wenig Mühe erfordernde ist, bedingt sie in gebirgigen Gegenden nicht nur eine große Übung und Erfahrung, sondern auch einen großen Zeitaufwand. Die Straße muß, um die Erd- und Felsarbeiten auf das geringste Maß einzuschränken, möglichst dem Gelände angepaßt, und sie muß anderseits so geführt werden, daß ihr Gefälle nicht das zulässige Maß überschreitet, da sonst die Zugtiere zu sehr angestrengt werden. Dieselben Punkte, welche bei dem Straßenbau zu beachten sind, müssen auch bei dem Eisenbahnbau berücksichtigt werden. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird daher auf das Kapitel „Eisenbahnen" verwiesen.



39. Trevithiks Londoner Straßenlokomotive, 1808.

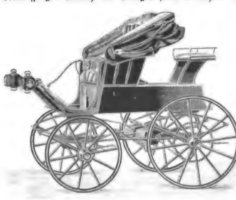
Straßenmotoren (Automobilen).

Seit langer Zeit ist man bestrebt, die Benutzung der Landstraßen durch Kraftmaschinen zu ermöglichen, ohne besondere Geleise in dieselben betten zu müssen. Diese Bestrebungen lassen sich bis in die Kindheit der Dampfmaschine zurückverfolgen. So hegte bereits Savery die Ansicht, daß die Dampfkraft zur Bewegung von Wagen müsse ausgenutzt werden können. Derselben Ansicht war Dr. Robison, dem James Watt mancherlei Anregungen zu danken hat. In Frankreich baute Cugnot eine solche Maschine, die 1769 die Gassen von Paris durchfuhr und welche Abb. 38 veranschaulicht. Diese Maschine war so mangelhaft, daß sie nur 15 Minuten lang arbeiten konnte. Trotz der vorgenommenen Verbesserungen blieb die Benutzung der Maschine so gefährlich, daß sie in den Straßen nicht verwandt werden konnte. Die Ingenieure Symington und Watt arbeiteten, jedoch vergeblich,

an der Vervollkommnung dieser Idee. In Amerika waren es namentlich Read (1790) und Evans, die dem Straßendampfwagen große Beachtung zuwandten. Im Jahre 1804 bewegte sich des letzteren Straßenlokomotive durch die Straßen Philadelphias. Von diesem Ingenieur rührt die nachstehend wiedergegebene Prophezeiung her: „Die jetzige Generation will sich mit Kanälen begnügen, die nächste wird Eisenbahnen und Pferde vorziehen, aber ihre aufgeklärteren Nachkommen werden meinen Dampfwagen als die vollkommenste Transportweise anwenden.“ Der schlechte Zustand der Straßen jener Zeit trug nicht wenig zu den geringen Erfolgen der Straßenlokomotiven bei. Im Jahre 1802 baute der Ingenieur Trevithik eine Dampfdroschke. Dieselbe erregte in London viel Aufsehen; aber trotz aller vorgenommenen Verbesserungen blieb sie unvollkommen. Abb. 39 zeigt die Form der aus dem Jahre 1808 stammenden Londoner Straßenlokomotive.

40. Londoner elektrisches Cab.

Die Unvollkommenheit der damaligen Straßen hatte mancherlei Defekte an den Kesseln und den übrigen Teilen der Straßenlokomotive im Gefolge, wie auch umgekehrt deren großes Gewicht die Straßen stark mitnahm. Man suchte dem letzteren Übelstande durch Verbreiterung der Radreifen zu begegnen, was zur Konstruktion der Dampfstraßenwalzen führte. Die in dieser Zeitperiode entstandenen Eisenbahnen thaten den Bestrebungen zur Ausbildung von Straßenlokomotiven starken Abbruch. Der letzte Betrieb dieser Art wurde im Jahre 1833 eingestellt.



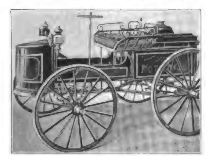
41. Amerikanischer elektrischer Wagen.

Die großen Vorteile der mechanischen Betriebskraft: größere Regelmäßigkeit und Beschleunigung der Fahrt, bequemere und exaktere Einrichtungen, keine Belästigung durch Ausdünstungen der Zugtiere, saubere Straßen, lassen es erklärlich erscheinen, daß man bei vorgeschrittenem Maschinenbau einer Ausnutzung mechanischer Kräfte für den Fuhrverkehr wiederum näher trat.

Unserer Zeit scheint es vorbehalten zu sein, das schwierige Problem seiner Lösung einen bedeutenden Schritt näher zu bringen. Im Jahre 1873 traten in Frankreich neue Konstruktionen von Dampfstraßenwagen auf. Bollée in Le Mans baute drei Dampfomnibusse, welche auf der Straße nach Paris in Betrieb gesetzt wurden.

Digitized by Google

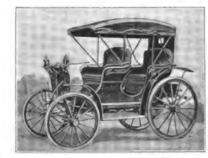
Seitdem ist auf diesem Gebiete eine überraschende Thätigkeit entfaltet worden. Namentlich in Frankreich und Amerika ist den Automobilen, mit welchem Ausdrucke die Straßenmotoren vielfach bezeichnet werden, eine ungewöhnlich große Beachtung geschenkt worden, und die Benutzung derartiger Wagen hat in diesen Ländern bereits einen sehr bedeutenden Umfang angenommen. In Deutschland ist diese Benutzung in stetem Wachsen begriffen. Der Daimlersche Motor ist dem Bau dieser Wagen sehr zu nutze gekommen, wird dieser im Jahre 1885 von dem deutschen Ingenieur Daimler erfundene Motor doch auch im Auslande in ausgedehnter Weise zu dem vorliegenden Zwecke verwendet. Unter Benutzung eines schnell laufenden derartigen Benzinmotors wurde bei einer Wettfahrt in Frankreich im Jahre 1895 der Weg von Paris nach Bordeaux und



42. Shavers Dampf-Motorwagen.

43. Simons Dampf-Motorwagen.

44. Dairys Gasoline-Motorwagen.



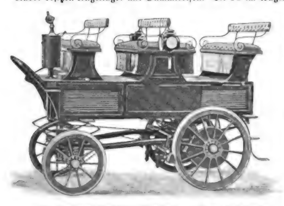
45. Benton-Harbors Gasoline-Motorwagen.

zurück, d. h. eine Strecke von 1200 km Länge, in einer ununterbrochenen Fahrt von 40 Stunden und 40 Minuten zurückgelegt. Neben Daimler ist der Ingenieur Benz als einer der Pioniere auf dem Gebiete des Ölmotorenbaues für Transportzwecke zu bezeichnen. Von ihm stammt einer der ersten neueren Motorwagen her, der im Jahre 1885 entstand. Der Umstand, daß sich der Sport der Motorwagen bemächtigte, hat außerordentlich viel zu deren Verbreitung und so zur Förderung des Motorwagenbaues selbst beigetragen.

Alle Motorwagen setzen eine gute Beschaffenheit der zu befahrenden Strecken voraus, da sonst an ein Fortkommen mit denselben auf die Dauer nicht zu denken ist. Daß man bemüht ist, auch die Elektrizität diesen Motorwagen dienstbar zu machen, dürfte selbstverständlich sein. In London sind bereits eine Anzahl derartiger Cabs in den öffentlichen Fuhrverkehr eingestellt, deren Form Abb. 40 wiedergibt. Die Akkumulatorenbatterie, durch welche der für die Bewegung des Wagens erforderliche Strom erzeugt wird, befindet sich in dem unter dem eigentlichen Wagenkasten angebrachten Behälter. Die Bewegung des elektrischen Motors auf die Wagenräder erfolgt mittels Zahnräder.

Digitized by Google

Die Form dieser elektrisch betriebenen Motorwagen ist eine äußerst mannigfache, zum Teil sehr geschmackvolle. In Abb. 41 ist ein amerikanischer elektrisch betriebener Wagen dargestellt. Dieser Motorwagen hat die Form eines kleinen Post-Phaëtons. Seine Räder besitzen Kugellager und Gummireifen. Die 32 im Wageninneren befindlichen Zellen vermögen sechs Stunden lang $3^1/_2$ Pferdekraft zu entwickeln. Die Motoren sind zwischen den beiden Hinterrädern eingebaut und zwar unabhängig voneinander, wodurch erreicht ist, daß der verschiedenen Umdrehungsgeschwindigkeit der Räder beim Durchfahren von Kurven, Wendungen und um Ecken kein Hindernis entgegensteht. Die Bremse ist so angeordnet, daß durch deren Thätigkeit nicht nur der Motor gehemmt wird, sondern auch zugleich sich automatisch ein Kontrollapparat einschaltet.



46. Elektrisch betriebener Gesellschaftswagen für 12 Personen.

Die Elektrizität ist auch hier, wie in so vielen anderen Fällen, als die angenehmste Kraftquelle zu betrachten. Das Fahren in einem elektrisch betriebenen Motorwagen ist angenehmer als in einem Benzinmotorwagen, da ersterer ruhiger läuft und keine lästigen Dünste verbreitet. Die der rationellen Ausnutzung dieser Kraft entgegenstehenden Hindernisse sind jedoch noch nicht überwunden. Es gilt vor allen Dingen, das Gewicht der Akkumulatorenbatterie zu ermäßigen und die Erzeugungskosten der Elektrizität zu verringern. Bis dieses Ziel erreicht sein wird, machen die durch Petroleum oder Benzin bewegten Motorwagen den elektrisch betriebenen Wagen eine erfolgreiche Konkurrenz. Zwar findet noch hier und da namentlich in England die Dampfkraft für den vorliegenden Zweck Verwendung, Abb. 42 u. 43 zeigen derartige moderne Motorwagen, und zwar den Dampf-Motorwagen, von Shaver resp. Simon, doch ist kaum anzunehmen, daß dem Dampf die Zukunft gehört. Die Abb. 44 u. 45 zeigen verschiedene Formen ausländischer Petroleum- und Benzin-Motorwagen.

47. Elektrisch betriebener Geschäftswagen.

Nicht nur für Personenfuhrwerke, sondern besonders auch für Frachtwagen finden heute diese Motoren bereits eine ausgedehnte Verwendung. Mit ihrer weiteren Vervollkommnung wird ihre Benutzung zweifellos einen außerordentlichen Umfang annehmen, und die Motorwagen werden eines Tages in vielen Gegenden die Zugtiere fast

Digitized by Google

vollständig verdrängen. Die Abb. 46 bis 49 veranschaulichen einige neuere deutsche Motorwagen. Neben kleinen zweisitzigen Selbstkutschierwagen kommen Omnibusse für dreißig Personen vor. Abb. 46 zeigt einen elektrisch betriebenen Gesellschaftswagen für zwölf Personen, erbaut von der Gesellschaft für Verkehrsunternehmungen (Berlin). Die Gesellschaft hat ein Normaluntergestell konstruiert, auf welches man verschiedene Oberteile ohne weiteres aufsetzen kann, so daß dasselbe Gestell für Postpaket- und Geschäftswagen (Abb. 47), Hotelomnibusse und Kremser benutzt werden kann. Die Akkumulatoren sind im Kutscherbocke untergebracht. Die Ladung erfolgt mittels Steckanschlusses und beweglichen Kabels, d. h. in der Weise wie elektrische Boote und dergleichen geladen werden. Während früher die Steuerung und der Kontroller getrennt angeordnet wurden, wie solches auch Abb. 47 erkennen läßt, sind beide bei den neuesten Wagen vereint. Die Steuerung bewirkt

48. Elektrisch betriebener Postwagen.

die Lenkung des Wagens. In den meisten Fällen erfolgt die Lenkung mittels Schwenkachsen der Vorderräder, seltener durch die Ausführung von Drehgestellen. Der Kontroller dient zur Einstellung der gewünschten Geschwindigkeit. Derselbe hat gewöhnlich 6 Stellungen, 4 für Vorwärts-, 1 für Rückwärtsfahrt und 1 für elektrische Kurzschlußbremsung in Notfällen. Die Akkumulatoren besitzen eine Kapazität für eine normale Fahrt von 25—30 km. Zum Anhalten sind kräftig wirkende Bremsen, vielfach mechanische Fußbremsen im Gebrauch. Abb. 48 zeigt einen Postwagen der Gesellschaft für Automobil-Wagenbau (Berlin). Der Wagenkasten hat einen Inhalt, der dem der kleinsten Karriolen der Reichspost entspricht. Das Gefährt wird von einem zweicylindrigen Motor von 5 Pferdestärken getrieben, und zwar ist die Kraftübertragung von der Motorachse auf die Hinterachse des Wagens eine direkte. Sie besteht aus zwei Übersetzungen, die eine ist eine Zahnradübersetzung von 1 : 10, die andere eine Art Triebstockverzahnung von 1 : 18.

Die letztere Übersetzung wird hauptsächlich dann eingeschaltet, wenn Steigungen zu überwinden sind. Die Einschaltung erfolgt durch Reibungskuppelungen.

In recht geschickter, ja vollkommener Weise sind alle Steuerungsorgane an einer Stelle vereinigt. Die Lenkung der Vorderräder erfolgt durch ein Handrad, welches auf

Digitized by Google

der Steuersäule montiert ist und die Bewegung mittels Kettenrades auf jene Räder überträgt. Ein unterhalb des Lenkrades angebrachter Hebel gestattet einerseits durch Verstellen nach rechts oder links die eine oder die andere Übersetzung einzuschalten, anderseits befinden sich an diesem Hebel zwei Handgriffe, durch welche der Zufluß der Luft und der Zufluß des Gases zum Motor geregelt werden können. Dicht unter dem vorerwähnten Hebel befindet sich noch ein kleinerer zur Einstellung und Regelung des Kontaktes auf Vor- und Nachzündung. Den oberen Abschluß der Steuersäule bildet ein elektrisches Läutewerk, das sich durch einen leichten Druck in Thätigkeit setzen läßt.

Die Ingangsetzung des Motores erfolgt vom Wagensitze aus, indem man den Motor mittels eines Schaltwerkes durch ein paar Hebelhübe anratscht; um dies etwas zu erleichtern, drückt man zugleich mit dem Fuße auf einen kleinen am Boden befindlichen Hebel, wodurch der Gegendruck im Cylinder vorübergehend aufgehoben wird, so daß die Gase freien Abzug haben. Während der Fahrt ruht die eine Hand auf dem Lenkrade, während die andere die Geschwindigkeit regelt; nachdem die gewünschte Fahrgeschwindigkeit erzielt ist, wird letztere Hand wieder frei. Will man plötzlich halten, so rückt man zunächst die Kupp-

49. Daimlerscher Motorfrachtwagen.

lung aus, wodurch gleichzeitig die Zündung unterbrochen wird, so daß der Motor keine Arbeit mehr verrichten kann; außerdem stehen aber noch zwei Fußbremsen zur Verfügung, eine Brandbremse für die Hinterachse und eine auf die Räder wirkende Blockbremse. Unter dem Postsitze sind der 20—25 l fassende Benzinbehälter, sowie die zur Zündung erforderlichen Akkumulatoren und der Induktor untergebracht. Der Wasserbehälter, ein vollständiger Rippenkörper, befindet sich vorn vor dem Postkasten, verdeckt durch einen bronzenen Reichsadler. Eine von der Motorwelle angetriebene kleine Zentrifugalpumpe saugt das heiße Wasser vom Cylinderkopfe her und bewirkt dessen Zurückführung durch lange mit Rippen versehene Kupferrohre zum Kühlbehälter. Der Wagen ist 3,40 m lang, 1,25 m breit und 1,40 m hoch; er kann mit 7 Zentnern belastet werden und erreicht eine größte Geschwindigkeit von 25 km in der Stunde.

Einen von der Daimler Motoren-Gesellschaft erbauten Motorfrachtwagen veranschaulicht Abb. 49. Solche Geschäftswagen werden für den Transport einiger hundert Kilo und mit einer Tragfähigkeit bis zu 5000 kg erbaut. Das Eigengewicht eines derartigen Wagens beträgt 3300 kg, so daß das Gesamtgewicht 8300 kg ist. Zur Fortbewegung eines solchen Wagens ist ein Daimler-Motor von zehn Pferdestärken erforderlich. Für eine Stunde und eine Pferdekraft werden nach den bisherigen Erfahrungen 0,50 kg Benzin verbraucht.

Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß die neue Erfindung, Luft zu verflüssigen, auch für den Betrieb von Motorwagen und Motorrädern Verwendung finden wird.

Digitized by Google

Nach dem Echterschen Wandgemälde im Staatsbahnhof zu München.

Die Eisenbahnen.

Und donnernd rollt der Wagenzug
Vorbei den alten Meilensteinen,
Wie Blitz des Zeus und Geisterflug,
Der Erde Völker zu vereinen.
Hermann Lingg (Die Römerstraße).

Allgemeines und Linienführung.

Einleitung.

Kaum 70 Jahre sind seit der ersten, durch Dampfkraft betriebenen Eisenbahn mit Personenbeförderung verflossen, und welche Fülle umwälzender Wirkungen hat diese segensreiche Erfindung dem Menschengeschlechte schon beschert. Wie hat sie alle Lebensverhältnisse umgewandelt und die Menschen auf eine gegen früher wesentlich höhere Kulturstufe gestellt! Raum und Zeit sind überspannt, in wenigen Tagen läßt sich der Güteraustausch weit auseinander gelegener Festlandsbezirke bewirken, kann der Reisende weite Ländergebiete durcheilen, vermag die Landesverteidigung ihre Heere an die bedrohten Landesgrenzen zu senden und für schnellen Nachschub des Ersatzes jeglicher Art zu sorgen. Waren früher beispielsweise zu einer Reise von Berlin nach Paris mit der Schnellpost etwa 5 Tage erforderlich, so legt man heute die Strecke in dem mit allem Komfort ausgestatteten Eilzuge in 16½ Stunden zurück. Gewaltig und ungeahnt ist der Aufschwung, den Handel und Gewerbe durch die die Transportkosten ermäßigenden Eisenbahnen genommen haben. Diese sind im Verein mit den Dampfschiffen die Lebensadern des modernen Weltverkehrs, die Bindeglieder der Völker und Länder. Sie erschließen die abseits gelegenen Gegenden, wecken Gewerbethätigkeit in ihnen, führen deren Städten und Ortschaften neues Leben, neue Triebkraft zu, bringen sie zur Entwickelung und zur Blüte. Sie verbilligen und verbessern die wirtschaftlichen Güter, vermehren die Annehmlichkeiten des Lebens und erhöhen somit den Lebensgenuß.

Digitized by Google

Und welcher Art sind dabei die Wege, die das Dampfroß wählt! Bald durcheilt es mit großen Lasten die sonnendurchglänzten Fluren des Flachlandes, bald klettert es schwer beladen an den Berglehnen entlang hoch in die Alpenwelt, in die Region der Lawinen hinauf, der Gebirge breiten Rücken in langem Tunnel durchziehend. Bald rasselt es über kühn geschwungene Viadukte und Brücken, tiefe Thäler, Ströme und Schluchten überschreitend, oder es rollt auf langer Hochbahn über den Straßenverkehr unserer Großstädte hin (Abb. 55 und 56). Es steigt hinab in der Erde Schoß und fährt unter Straßen, Kirchen, Häusern, Docks und Flüssen her, oder erklimmt endlich der Berge Gipfel, um der wanderlustigen Menschheit den mühelosen Anblick erhabenster Naturschönheiten zu gewähren.

Wahrlich, vielseitig ist sein Weg, sein Nutzen und Zweck! Besonders nützlich haben die Eisenbahnen in unserem deutschen, vielstaatlichen Vaterlande eingewirkt, denn sie durchbrachen zuerst die dichten Grenzzäune eines engherzigen Partikularismus, der vor wenigen Jahrzehnten noch in so vielen Ländchen üppig wucherte, und halfen diesen damit glücklich zu Falle zu bringen. Sie haben alte Vorurteile verschwinden lassen, die deutschen Stämme wirksam einander näher gebracht und den Wunsch nach politischer Einheit dadurch lebendiger gestaltet. Goethe sagt schon in seinem Gespräch mit Eckermann 1828, also noch zu einer Zeit, wo 36 verschiedenfarbige Grenzpfähle das deutsche Land in eben so viele Gegensätze zerlegten: „Mir ist nicht bange, daß Deutschland nicht eins werde, unsere guten Chausseen und künftigen Eisenbahnen werden schon das ihrige thun.“ Nun, sie haben das ihrige in der Vorbereitung zur Einigung gethan, deren Verwirklichung freilich nur durch das unvergleichliche Walten Bismarcks und durch die glänzenden Erfolge der preußischen Heere auf den dänischen und böhmischen, später der deutschen Heere auf den französischen Schlachtfeldern ermöglicht werden konnte.

Diese Einigung des deutschen Volkes war sodann rückwirkend wiederum fruchtbar für dessen gesamte gewerbliche Verhältnisse, insbesondere auch für das Eisenbahnwesen. Dieses erhielt teils infolge ungeahnter Verkehrssteigerung, teils auch aus strategischen Gründen eine erhebliche Ausdehnung, begleitet von zahlreichen Verbesserungen seiner Einrichtungen und Anlagen. Infolge des gewaltigen Aufschwunges auf allen Gebieten seines Handels und Gewerbelebens und dank dem vielmaschigen, gut betriebenen Eisenbahnnetze konnte Deutschland, reich an wissenschaftlich auf unseren technischen Hochschulen ausgebildeten Ingenieuren, Architekten und technischen Chemikern, auf dem Weltmarkte bald in Wettbewerb treten mit den älteren Industrievölkern, vor allem mit England, dem Vaterlande der Dampfmaschinen und der Eisenbahnen. Vor 4 bis 5 Jahrzehnten noch ein vorzugsweise ackerbautreibendes Volk, entsendet es heute seine gewerblichen Erzeugnisse, vor allem die der Chemie, Weberei und des Maschinenbaues nach fünf Weltteilen. Die schnellsten Dampfschiffe, die jetzt die Meere unseres Erdballes durchfurchen, sind aus deutschem Material und auf deutschen Werften erbaut. Die deutschen Eisenbahnen gehören, was Sicherheit des Betriebes, Pünktlichkeit der Züge und Bequemlichkeiten für die Reisenden aller Gesellschaftsklassen anbelangt, unbestritten zu den besten der Welt und haben das Urteil keines anderen Eisenbahnlandes zu scheuen. Deutschlands Zukunft beruht zum wesentlichen Teil auf der weiteren Entwickelung seiner Industrie und vor allem seiner Technik. Beide werden allgemein im 20. Jahrhundert noch weit mehr als im vergangenen der Maßstab für die Größe eines Volkes sein.

Wer ist nun der eigentliche Schöpfer der Eisenbahnen, wer hat sie erfunden? Nach Goethes treffendem Ausspruch ist Erfinden der Abschluß des Gesuchten. Die meisten wichtigen Erfindungen sind niemals urplötzlich spruchreif entstanden, sondern haben sich, auf vorangegangenen Bestrebungen ähnlicher Art nach und nach aufbauend, im Laufe der Zeit ausgereift, bis sie endlich durch einen genialen Kopf zu einem zeitweisen Abschluß gebracht wurden. So haben sich auch die Eisenbahnen langsam und allmählich aus den alten Holzbahnen der Kohlengegenden Englands entwickelt. (Vergl. näheres im Abschnitt „Oberbau“.) So ist vor allem die Lokomotive, die Seele des Eisenbahnwesens, durch den unermüdlichen Erfindungssinn einer ganzen Anzahl von denkenden Ingenieuren aus den bescheidensten Anfangsformen heraus zu ihrer heutigen hohen

Durchbildung geführt worden (vergl. den Abschnitt „Lokomotiven“). Eine besondere Stellung in dieser langen Erfinderkette nimmt G. Stephenson ein, dem es 1829 durch Befolgung des Ratschlags eines Nichttechnikers (Booth) gelang, diejenige Kesselart der Lokomotive einzufügen, durch welche diese für gesteigerte Verkehrsansprüche lebensfähig wurde. Neben Stephenson war T. Hackworth ein Hauptförderer der Lokomotive damaliger Zeit. Daran schließt sich eine weitere Schar von Ingenieuren aller Länder, die Verbesserungen und Abänderungen der Lokomotive und ihrer Einzelteile anstreben, sie den verschiedensten Betriebsverhältnissen anzupassen sich bemühen und namentlich auch ihre Leistungsfähigkeit unter Wahrung des wirtschaftlichen Gesichtspunktes zu heben suchen.

Hand in Hand damit ging gleichzeitig auch die Ausbildung der Fahrbahn vor sich. Auch sie hat von den ersten eisenbelegten Holzbahnen an bis zu den heutigen schweren Oberbau-Anordnungen eine lange, vielgestaltige Entwickelungsreihe zu verzeichnen. Lokomotivrad und Gleis stehen in innigster Wechselbeziehung zu einander und gehören nach einem Ausspruche Stephensons zusammen wie Mann und Frau. Als „Dritter im Bunde“ gesellte sich dann schließlich die Telegraphie hinzu, um als unübertroffene, schnellfüßige Dienerin die Zeichengabe auszuüben, durch die dem rasch dahinsausenden Dampfroß der Weg frei gehalten wird.

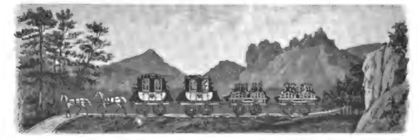
Doch kehren wir zur Werdezeit der Eisenbahnen zurück.

G. Stephensons Sieg über seine drei Mitbewerber in dem denkwürdigen Wettstreit — „the battle of locomotives“ — auf der Ebene von Rainhill am 6. Oktober 1829 (vergl. S. 200) machten ihn gleichsam zum Vater der Eisenbahnen, um so mehr, als ihm die schwierige Aufgabe gelang, die Bahnstrecke von Manchester nach Liverpool mit ihrem tiefen Felseinschnitte (Abb. 206), langen Tunnel und ihrer breiten Moordurchquerung ohne Vorbilder für diese völlig neuen Bauarbeiten fertigzustellen. Ihm glückte das für die damalige Zeit gewaltige Werk durch seine Thatkraft und Ausdauer, durch seinen Glauben an sein Können und an sich selbst, wodurch er auch alle die sonstigen Widerwärtigkeiten und Schwierigkeiten besiegte, die ihm Vorurteile und Kurzsichtigkeit so vieler seiner Landsleute vom adligen Großgrundbesitzer bis zum Fuhrknecht herab bereiteten. Alle diese Leute glaubten sich damals in ihrem Vermögen oder in ihrem Einkommen durch die Dampfbahn bedroht und geschädigt. Später freilich änderte sich auch dieses Bild, und Stephenson wurde als Wohlthäter gepriesen.

Am 15. September 1830 fand die Eröffnung vorgenannter Bahn statt, und zum erstenmal wurden Personenzüge mit einer derzeit beträchtlichen Fahrgeschwindigkeit durch Dampflokomotiven befördert. G. Stephenson selbst führte die Lokomotive des ersten Zuges (vergl. Abschnitt „Lokomotiven“). Bewundernd blickte England auf dieses Werk und seinen Schöpfer; staunend vernahm die Welt die Leistungen des Dampfrosses. Von da an hielt das letztere — anfangs langsam, später immer schneller und ausgedehnter — seinen Siegeszug durch alle zivilisierten Länder, um heute, nach 70 Jahren, seinerseits die Errungenschaften moderner Kultur durch die dunkelsten Länder zu tragen. Gegenwärtig ist Rußland im Begriff, seine große, die asiatischen Steppen durchquerende transsibirische Bahn nach Port Arthur und Wladiwostock zu vollenden, wodurch ein ununterbrochener Schienenweg von der Westküste Europas bis zur Ostküste Asiens geschaffen wird. Deutsche, Engländer, Franzosen senden vom Stillen Ozean aus die Eisenspur nach dem Inneren Chinas, um der heimischen Industrie die notwendigen neuen Absatzgebiete zu verschaffen. In Afrika herrscht nicht minder ein wahres Wettlaufen im Eisenbahnbau. Von der West- nach der Ostküste planen und bauen die Völker für das Dampfroß den Weg, der sich bereits vom Norden her tief in den Sudan und vom Fuß des Tafelbergs bis hoch nach Betschuanaland hinein erstreckt. Die Bahn „vom Kap bis Kairo“ wird bald kein Traum mehr sein.

Ausbreitung der Bahnen in den einzelnen Ländern.

Zehn Jahre nach den unvergleichlichen Erfolgen der Liverpool-Manchesterlinie gab es in England etwa 3000 km Bahnen, und in den vierziger Jahren brach dort ein wahres Eisenbahnfieber aus, das in schneller Folge zahlreiche Bahnen erstehen ließ. Auch in Nordamerika erkannte man nach Überwindung der ersten Vorurteile frühzeitig die Bedeutung des neuen Verkehrsmittels und baute um 1830 die erste Bahn, deren Lokomotive allerdings noch aus England bezogen war. Seit 1832 erstand daselbst auch ein eigener, bald völlig selbständig vorgehender Lokomotivbau, und 1835 gab es dort über 1700 km Lokomotivbahnen. Auf dem europäischen Festlande hatten die Fürsprecher der Eisenbahnen anfangs schweren Stand und auch mit Vorurteilen und schiefen Ansichten aller Art zu kämpfen. Wohl waren hier schon seit der Niederwerfung Napoleons I. einsichtsvolle Männer bemüht, die Vorteile der Schienenwege ihren Landsleuten klarzulegen und Stimmung für ihre Einführung zu machen. So trat namentlich seit 1813 in Österreich ein weitblickender Ingenieur, Ritter Franz v. Gerstner, Direktor des Polytechnischen Instituts zu Prag, lebhaft durch Wort und Schrift für diese mit Pferden zu betreibenden Kunststraßen ein und wies ihre Überlegenheit gegenüber den gewöhnlichen Landstraßen nach. Wie in



51. **Personentransport der Linz-Budweiser Eisenbahn 1828.**
Nach einem Original von Mathias Schönerer.

dem großen, kürzlich erschienenen Werke „Geschichte der Eisenbahnen der österr.-ungar. Monarchie" ausführlich erörtert ist, gelang es Gerstners Sohne Franz, Professor am Polytechnischen Institut in Wien, ein Jahrzehnt später die Bauerlaubnis für die 122 km lange Linie von Linz nach Budweis zu erhalten und daraufhin die nötigen Geldmänner zusammenzubringen. Im Jahre 1828 wurde die Bahn in Angriff genommen und vier Jahre danach eröffnet. Abb. 51, welche nebst einigen anderen der ebengenannten Quelle entnommen ist, zeigt den Betrieb mit Personenwagen auf dieser denkwürdigen Schienenstraße, der ältesten Österreichs. Eigentümlich berührt uns heute die damalige Anschauung über die zweckmäßigste Bauart solcher Bahnen. Man getraute sich noch nicht, die Dämme als reine Erdschüttung herzustellen, sondern mauerte einen Steinkern auf und hüllte diesen dann mit Erde ein. Auf diese Weise vergeudete man freilich infolge mangelnder Erfahrung große Kapitalien und baute nicht nur unnötig teuer, sondern auch langsam. Die erste Lokomotivbahn Österreichs erstand im Jahre 1837.

In Deutschland bemühten sich besonders zwei Oberbergräte um das Zustandekommen von Bahnen: v. Baader in Bayern und Henschel in Kassel. Ersterer schlug schon 1814 u. a. den Bau einer Bahn von Nürnberg nach Fürth vor, ohne aber Erfolg zu haben. Henschel, ein um die Entwickelung des deutschen Maschinenbaues hochverdienter, vielseitiger Mann und Begründer der Henschelschen Maschinenfabrik in Kassel, aus der später die bekannte Lokomotivfabrik hervorgegangen ist, die Anfang 1899 ihre fünftausendste Lokomotive fertigstellte, trat namentlich seit den zwanziger Jahren für die Beförderung von Eisenbahnwagenlasten durch Seilzüge und Luftkompressoren ein. Sein damaliger Entwurf zu einer Preßlufteisenbahn kam mangelnder Unterstützung wegen nicht

Digitized by Google

zur Ausführung. Etwa zur selbigen Zeit bemühte sich in Westfalen, damals schon ein Sitz blühender Industrie, Harkort lebhaft um den Bau von Schienenstraßen. Es glückte ihm, einige kurze Schmalspurbahnen für Kohlentransport ins Leben zu rufen. Ja, im Jahre 1830 bildete sich auf sein Betreiben eine Aktiengesellschaft — die erste in Deutschland — um „mittels einer Eisenbahn den Absatz der Ruhrkohlen nach dem Wupperthale und ins Bergische zu vermitteln, bezw. die bergischen Fabriken wohlfeil mit Kohlen zu versehen". Sie baute eine Schmalspurbahn, die erst 20 Jahre später in eine mit Dampflokomotiven betriebene Hauptbahn umgewandelt wurde. Alle diese damaligen kleinen Kohlenbahnen im Ruhr- und im Saargebiet, deren Gesamtlänge etwa 60 km betrug, waren nur für Pferdebetrieb bestimmt.

Um 1830 trat auch der hervorragendste deutsche Vorkämpfer in dieser Frage auf, Friedrich List, Professor der Nationalökonomie in Leipzig. Er veröffentlichte im Jahre 1832 einen Plan zu einem einheitlichen deutschen Eisenbahnnetze, wonach alle größeren Städte unseres Vaterlandes durch den Schienenweg miteinander verbunden werden sollten. Doch Unverstand, Partikularismus, Kurzsichtigkeit und mangelnder Unternehmungsgeist traten dem klaren Blickes weit vorausschauenden Manne entgegen. Sein genialer Plan fiel gänzlich ins Wasser, um einige Jahrzehnte später stückweise nach und nach verwirklicht zu werden. List blieb unverstanden und ohne Unterstützung.

Deutschlands erste Lokomotivbahn. Einsichtigen Bürgern Nürnbergs, an deren Spitze der unermüdliche J. Scharrer stand, gelang es um 1834, eine Gesellschaft für den Bau einer Bahn zwischen Nürnberg und Fürth zu gründen und trotz mancherlei Schwierigkeiten die Bauerlaubnis zu erhalten. Bezeichnend für den Geist damaliger Zeit ist das Gutachten, welches das bayrische Ober-Medizinal-Kollegium in dieser Sache abgab. Es äußerte sich dahin: „Die schnelle Bewegung muß bei den Reisenden unfehlbar eine Gehirnkrankheit, eine besondere Art des Delirium furiosum, erzeugen. Wollen aber dennoch Reisende dieser gräßlichen Gefahr trotzen, so muß der Staat wenigstens die Zuschauer schützen, denn sonst verfallen diese beim Anblicke des schnell dahinfahrenden Dampfwagens genau derselben Gehirnkrankheit. Es ist daher notwendig, die Bahnstrecke auf beiden Seiten mit einem hohen, dichten Bretterzaune einzufassen." Glücklicherweise ließen sich Landesfürst und Regierung durch dieses seltsame Gutachten nicht beeinflussen, und ersterer erteilte der Gesellschaft die Bauerlaubnis. Doch wie den Bahnbau ausführen? Man schrieb an R. Stephenson, den Leiter der von seinem Vater in Newcastle-on-Tyne gegründeten Lokomotivfabrik (vergl. Abschnitt „Lokomotiven"), um Überlassung eines erfahrenen Ingenieurs. Ein solcher verlangte aber außer den Reisekosten 12 000 Mark Gehalt, etwas für die damaligen bayrischen Verhältnisse ganz Unerhörtes. Zudem forderte er noch 4000 Mark Gehalt für einen deutschen Begleiter, der ihm als Dolmetsch dienen sollte. Dazu fehlten aber die Mittel. Da lernte Scharrer, einer der Direktoren der Nürnberg-Fürther Eisenbahn-Gesellschaft*), in München den Regierungs-Ingenieur Denis kennen, der kurz zuvor in Amerika und England den Eisenbahnbau eingehend besichtigt hatte. Dieser arbeitete Anfang 1835 in drei Monaten das Bahnprojekt aus, und der Bahnbau konnte so gefördert werden, daß noch am 7. Dezember jenes Jahres die Eröffnung der Bahn erfolgte (Abb. 52). Deutschland erhielt damit seine erste Lokomotiv-Eisenbahn.

Die Lokomotive — „Adler" getauft — stammte samt ihrem Tender aus England. Sie war aus der Fabrik von Stephenson & Co. zum Preise von 13930 Gulden — rund 23700 Mark (einschließlich des Transportes von Rotterdam nach Nürnberg) bezogen. Sie wog nur 6000 kg und leistete gegen 12 bis 15 Pferdestärken. Heutigestags erhält man für diesen Preis eine mindestens zwölfmal so starke Lokomotive. Auch der Führer des „Adlers" war aus England. Er erhielt 1500 Gulden Gehalt und war somit der bestbezahlte Beamte, denn der erste Direktor empfing nur 1200 Gulden. Besonders bemerkenswert ist noch, daß die Schienen auf einem deutschen Walzwerke hergestellt waren. Der im ersten Betriebsjahre auf der Lokomotive verfeuerte, aus Saarbrücken bezogene Koks kostete 6 Mark der Zentner. Später wurden böhmische Steinkohlen verbrannt, die sich etwa halb so teuer stellten. Die gesamten Baukosten der 6,2 km langen, fast wagerechten und bis auf zwei Endbögen genau geradlinigen

*) Vergl. Joh. Scharrer, „Deutschlands erste Eisenbahn mit Dampfkraft". Nürnberg. 1836.

Digitized by Google

Bahn betrugen einschließlich Betriebsmittel und aller sonstigen Zubehörteile 175 469 Gulden, also rund 350 000 Mark. Das ist nicht viel, freilich erhielten die bei diesem Bahnbaue beschäftigten Arbeiter auch nur etwa 40 Pfennige Tagelohn, und die Baustoffe — außer Schienen und Lokomotive — konnten wohlfeil beschafft werden.

Die Personenzüge wurden in der ersten Betriebszeit teils durch Dampfkraft, teils durch Pferde befördert. Ihre Benutzung war eine sehr starke und belief sich durchschnittlich auf 1200 Reisende für den Tag. Die erstere Beförderungsart zeigte sich nach Jahresfrist als die billigere. Güterverkehr wurde erst 1838 eingerichtet. Die ersten Güter, die zum Versand gelangten, waren — zwei Faß Bier!

Die Betriebsausweise des jungen, neuartigen Unternehmens waren recht günstige. Die Eisenbahngesellschaft konnte schon nach einem Jahre 20 % Dividende verteilen, ein gewiß glänzendes Ergebnis und auch eine Genugthuung nach dieser Seite hin für die Männer, die die Bahn ins Leben gerufen und unentwegt allen Schwierigkeiten getrotzt hatten. Bayern aber gebührt das unvergängliche Lob, in Deutschland zuerst dieses hochgeschätzte Verkehrsmittel eingeführt zu haben und den anderen Bundesstaaten vorbildlich im Eisenbahnwesen geworden zu sein.

52. Eröffnung der ersten deutschen Eisenbahn Nürnberg-Fürth am 7. Dezember 1835.

Und dennoch währte es geraume Zeit, ehe weitere Bahnen in Deutschland gebaut wurden. Heute sind wir gewohnt, von einer Erfindung, in welchem Erdteile sie auch gemacht wird, in kurzer Zeit Kenntnis zu erhalten. Telegraph und Eisenbahn bringen baldige Kunde in Wort und Bild. Damals fehlte beides noch in deutschen Landen, auch stand das Zeitungswesen auf einer wenig entwickelten Stufe: Erfindungen und Fortschritte konnten sich nur langsam verbreiten. Bei den Eisenbahnen kam dazu noch erschwerend das schon erwähnte Vorurteil, das nicht nur der großen Menge, sondern auch den führenden Persönlichkeiten den Blick verschleierte. Nach Marggraff („Der Sammler", 1885) warnte anläßlich der Eröffnung der Eisenbahn von Berlin bis Potsdam 1839 der alte Pfarrer Goßner in seiner Predigt „die Schäflein inständigst, sich ja von dem höllischen Drachen, dem Dampfwagen, um ihrer Seligkeit willen fernzuhalten". Treffend kennzeichnete Fürst Bismarck die damaligen Zustände in einer Ansprache, die er am 1. April 1890 an die Beamten der Direktion Altona hielt, als diese ihm zu seinem fünfundsiebzigsten Geburtstage einen Fackelzug in Friedrichsruh brachten. Er sagte u. a.: „Von den Anwesenden werden sich wohl nur wenige der eisenbahnlosen Zeit erinnern, ich aber kann es. Ich weiß, wie ich in meiner Heimat wie ein Wunder angestaunt wurde, als ich erzählte, daß ich — es war wohl 1837 oder 1838 — in Belgien auf einer Eisenbahn gefahren sei. Und dann kam die erste Eisenbahn in Preußen, von Berlin nach Potsdam, 1839. Aber da wurde nur ein Gleis gebaut, denn auf einen größeren Verkehr wurde nicht gerechnet, und auch sonst war man in dieser Beziehung etwas engherzig gesinnt." Und wie in Deutschland, so auch in den übrigen Ländern. Minister Thiers äußerte am 21. April 1836 im französischen Parlament: „Wir haben einen hohen Grad von Zivilisation erreicht.

Digitized by Google

Man schätzt das Menschenleben hoch, man möchte nicht gern durch die Anlage von Eisenbahnen das Leben aufs Spiel setzen." Vergl. Fr. List, „Eisenbahn-Journale", 1836. Kein Wunder, daß der Bahnbau auf dem europäischen Festlande sich nur langsam Eingang verschaffte.

Nachstehend seien die Eröffnungszeiten der ersten europäischen Eisenbahnen mit Lokomotivbetrieb in zeitlicher Reihenfolge gegeben:

England:	Manchester-Liverpool	15. September 1830.
Frankreich:	St. Etienne-Lyon	Juli 1832.
Belgien:	Brüssel-Mecheln	5. Mai 1835.
Bayern:	Nürnberg-Fürth	7. Dezember 1835.
Sachsen:	Leipzig-Althen*)	24. April 1837.
Österreich:	Floridsdorf-Wagram	23. November 1837.
Rußland:	St. Petersburg-Krasnoje-Selo	4. April 1838.
Preußen:	Berlin-Zehlendorf**)	1. September 1838.
Braunschweig:	Braunschweig-Wolfenbüttel (erste deutsche Staatsbahn)	1. Dezember 1838.
Hannover:	Hannover-Lehrte***)	22. Oktober 1843.
Ungarn:	Pest-Waitzen	15. Juli 1846.

Alle diese Linien waren verhältnismäßig kurz. Berlin wurde 1843 mit Stettin, 1846 mit Hamburg, Breslau und Magdeburg verbunden und zwei Jahre später mit Köln und Dresden. Nach 1850 kam der Bahnbau in schnelleren Fluß, und nachdem die neueren Kriege beider Welten die hervorragende Bedeutung der Eisenbahnen für die Kriegführung hatten erkennen lassen, nahm das Eisenbahnwesen gewaltigen Aufschwung. Am Ende des Jahres 1865 gab es 145 500 km Bahnen auf der Erde. Heute ist unser Planet mit einem fünfmal so großen Eisenbahnnetze überzogen. Beträgt doch die Gesamtlänge aller im Betriebe befindlichen Lokomotivbahnen 732 255 km, d. i. nahezu das Doppelte der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde (384 420 km). Der Äquator, dessen Umfang 40 070 km mißt, kann mit dieser Länge mehr als achtzehnmal umgürtet werden. Eine mit der Durchschnitts-Fahrgeschwindigkeit des schnellsten deutschen Zuges, des Berlin-Hamburger Schnellzuges (82,6 km in der Stunde) fahrende Lokomotive würde, wenn sie so lange zu laufen vermöchte, diesen achtzehnfachen Riesengürtel in rund einem Jahre durcheilen.

Nach dem aus amtlichen Quellen schöpfenden „Archiv für Eisenbahnwesen", 1899, verteilt sich diese Eisenbahnlänge nach folgenden Übersichten, die zugleich auch die Ausbreitung des Netzes seit 1836 erkennen lassen.

Länge in km der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen.

Erdteil	Am Anfange des Jahres							
	1836	1846	1856	1866	1876	1886	1896	1898
Europa	673	8 235	34 185	75 882	142 494	195 833	251 421	263 145
Amerika	1 758	7 683	32 417	62 534	134 098	249 246	370 321	380 384
Asien	—	—	350	5 489	11 332	22 285	43 375	49 764
Afrika	—	—	144	755	2 576	7 032	13 147	15 948
Australien	—	—	38	825	3 738	12 947	22 349	23 014
Zusammen	2 431	15 918	67 134	145 485	294 238	487 343	700 613	732 255

*) Teilstrecke der Leipzig-Dresdener Bahn. Die ganze Linie wurde am 7. April 1839 eröffnet.

**) Teilstrecke der Berlin-Potsdamer (Magdeburger) Eisenbahn.

***) Teilstrecke der Bahn von Hannover nach Braunschweig. 1847 wurde die Strecke Lehrte-Harburg eröffnet, aber lange Jahre ohne Anschluß an — Hamburg gelassen, auch ein Zeichen des damaligen Sondergeistes in deutschen Landen, der sich besonders in der hannoverschen Eisenbahnpolitik gegenüber Preußen und Oldenburg offenbarte.

In Bezug auf Gesamtlänge nimmt sonach Amerika die erste, Afrika die letzte Stelle ein. Ersteres Land besitzt mehr als die Hälfte aller Eisenbahnen.

Das Bild ändert sich aber, sobald die Flächenausdehnung der einzelnen Erdteile zu Grunde gelegt wird. Europa tritt dann an die Spitze, was bei seiner älteren und höheren Kulturstufe auch ganz natürlich ist. Seine Bahnen, insbesondere die von Deutschland, England, Frankreich und Belgien, übertreffen aber diejenigen der anderen Erdteile nicht nur durch das enger gewebte Gleisnetz, sondern auch durch höhere Leistungsfähigkeit, hervorgerufen durch reicheren Ausbau der Linien mit zwei, drei und selbst vier Gleisen, sowie durch größere Zahl und Schnelligkeit der Züge; ferner durch bessere Sicherheitsvorkehrungen und bequemere Reiseeinrichtungen. Nur im Osten der Vereinigten Staaten zeigt Amerika eine gleich hohe Entwickelung des Eisenbahnwesens, das sogar in jüngster Zeit vorbildlich für manche Neuerungen auf europäischen Bahnen gewesen ist.

Nachstehende Übersicht veranschaulicht für sämtliche Eisenbahnländer der einzelnen Erdteile die Verteilung des Bahnnetzes, und zwar bezogen einmal auf je 100 qkm Bodenfläche und sodann auch auf je 10 000 Einwohner.

Übersicht des Eisenbahnnetzes der Erde
zu Anfang des Jahres 1898 und das Verhältnis der Eisenbahnlänge zur Flächengröße und Bevölkerungszahl der einzelnen Länder.

I. Europa.

Länder:			Betriebslänge der Eisenbahnen		
Name	Flächengröße qkm	Bevölkerungszahl	insgesamt km	auf je 100 qkm	auf je 10 000 Einwohner
Deutschland	540 700	52 280 000	48 116	8,9	9,2
Österreich-Ungarn	676 600	44 906 000	33 668	5,0	7,4
England	316 800	40 390 000	34 445	10,9	8,5
Frankreich	536 400	38 269 000	41 342	7,8	10,8
Rußland	5 390 000	106 234 000	40 262	0,7	3,8
Italien	286 600	31 479 000	15 643	5,5	5,0
Belgien	29 500	6 587 000	5 904	20,0	9,1
Holland und Luxemburg	35 600	5 222 000	3 129	8,8	6,1
Schweiz	41 400	3 030 000	3 646	8,8	12,0
Spanien	514 000	18 280 000	12 916	2,5	7,1
Portugal	92 100	5 102 000	2 358	2,5	4,6
Dänemark	38 300	2 300 000	2 543	6,5	11,1
Norwegen	322 300	2 112 000	1 938	0,6	9,2
Schweden	450 600	5 010 000	10 169	2,3	20,5
Serbien	48 300	2 314 000	570	1,2	2,5
Rumänien	160 000	6 000 000	2 880	1,7	4,7
Griechenland	65 100	2 447 000	952	1,4	3,8
Türkei und Bulgarien	275 200	9 468 000	2 554	0,9	2,7
Malta, Jersey, Man	1 100	325 000	110	10,0	3,4
Zusammen	9 820 600	381 755 000	263 145	2,7	6,9

Deutsche Bundesstaaten:

Name	Flächengröße qkm	Bevölkerungszahl	insgesamt km	auf je 100 qkm	auf je 10 000 Einwohner
Preußen	348 600	31 855 000	28 498	8,1	8,9
Bayern	75 900	5 819 000	6 283	8,2	10,7
Sachsen	15 000	3 788 000	2 752	18,3	7,3
Württemberg	19 500	2 081 000	1 632	8,8	7,8
Baden	15 100	1 725 000	1 861	12,3	10,8
Elsaß-Lothringen	14 500	1 641 000	1 735	11,9	10,5
Übrige deutsche Staaten	52 100	5 371 000	5 355	10,2	10,0
Deutschland zusammen	540 700	52 280 000	48 116	8,9	9,2

II. Amerika.

Länder:			Betriebslänge der Eisenbahnen		
Name	Flächengröße qkm	Bevölkerungszahl	insgesamt km	auf je 100 qkm	auf je 10000 Einwohner
Verein. Staaten von Amerika	7 752 800	70 302 000	296 745	3,8	42,2
Kanada	8 768 000	5 186 000	26 866	0,3	51,8
Neufundland	110 800	208 000	911	0,6	43,8
Mexiko	1 987 300	12 620 000	11 890	0,5	9,4
Mittelamerika	428 400	2 379 000	1 038	0,2	4,3
Verein. Staaten v. Columbien	1 330 800	4 500 000	557	0,0	1,2
Cuba	118 800	1 632 000	1 778	1,6	10,9
Venezuela	1 043 900	2 445 000	1 020	0,1	4,1
Dominikanische Republik . .	48 600	504 000	188	0,3	3,7
Brasilien	8 361 400	16 969 000	13 941	0,1	8,2
Argentinien	2 885 600	4 531 000	15 172	0,5	33,5
Paraguay	253 100	502 000	253	0,1	5,0
Uruguay	178 700	827 000	1 800	1,0	21,6
Chile	776 000	3 200 000	4 286	0,5	13,4
Peru	1 137 000	2 980 000	1 667	0,1	5,5
Bolivia	1 334 200	2 443 000	1 000	0,0	4,1
Ecuador	299 600	1 204 000	300	0,0	0,8
Britisch Guyana	229 600	278 000	35	0,0	1,3
Zusammen	37 044 600	132 710 000 [1])	379 447 [2])	1,01	28,6

III. Asien.

Britisch Indien	5 131 300	291 381 000	33 820	0,6	1,1
Ceylon	63 900	3 336 000	478	0,7	1,4
Kleinasien mit Syrien . .	1 778 200	15 478 000	2 509	0,1	1,6
Russisches transkasp. Gebiet	554 900	700 000	1 513	0,2	21,6
Sibirien	12 518 500	5 773 000	3 801	0,0	6,5
Persien	1 645 000	9 000 000	54	0,0	0,0
Niederländisch Indien . .	599 000	27 172 000	2 082	0,3	0,7
Japan	417 000	44 750 000	4 032	0,9	0,9
Portugiesisch Indien . . .	3 700	514 000	82	2,2	1,6
Malaiische Staaten (Borneo, Celebes u. s. w.)	86 200	719 000	259	0,3	3,6
China	11 081 000	357 250 000	482	—	—
Siam	633 000	9 000 000	269	—	—
Cochinchina (82 km) . . . Pondichery (95 km), Tonkin (114 km), Malakka (92 km)	—	—	383	—	—
Zusammen	—	—	49 764	—	—

IV. Afrika.

Ägypten	994 300	9 750 000	2 824	0,2	2,9
Algier und Tunis . .	897 400	6 375 000	4 355	0,4	6,9
Kapland	756 800	1 765 000	3 634	0,4	20,7
Natal	70 900	778 000	739	1,0	9,4
Südafrikanische Republik .	308 600	867 900	1 142	0,3	13,1
Oranje-Freistaat	131 100	208 000	1 340	1,0	63,8
Mauritius (169 km), Réunion (127 km), Senegalgebiet (396 km), Angola (364 km), Mozambique (435 km), Kongo (264 km), Sudan (159 km) . . .	—	—	1 914	—	—
Zusammen	—	—	15 948	—	—

[1]) Ohne die unter [2]) genannten sechs Inseln.

[2]) Hierzu kommen noch 937 km Bahnlänge der Inseln: Jamaica (294 km), Barbados (39 km), Trinidad (98 km), Martinique (194 km), Portorico (195 km), Salvador (117 km), so daß die Gesamtsumme der amerikanischen Eisenbahnen 380 384 km beträgt.

V. Australien.

Länder:			Betriebslänge der Eisenbahnen		
Name	Flächengröße qkm	Bevölkerungszahl	insgesamt km	auf je 100 qkm	auf je 10 000 Einwohner
Neuseeland	271 000	714 000	3 528	1,3	49,8
Viktoria	229 000	1 175 000	5 035	2,2	43,0
Neu-Südwales	799 000	1 298 000	4 383	0,5	33,9
Süd-Australien	2 341 600	360 000	3 038	0,1	84,3
Queensland	1 731 400	472 000	3 934	0,2	83,7
Tasmanien	67 900	166 000	764	1,1	47,9
West-Australien	2 527 300	138 000	2 190	0,0	158,7
Hawai	17 700	109 000	142	0,8	12,9
Zusammen	7 984 900	4 432 000	23 014	0,2	51,9

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, wie ungleich die Eisenbahnen verteilt sind. Nach dem bekannten Ausspruche James Watts, des Erfinders der Dampfmaschine, ist die Straßenkarte eines Landes das Spiegelbild seiner Wohlfahrt. Heute können wir sagen, die Eisenbahnkarte eines Volkes ist das Spiegelbild seiner Wohlfahrt und ein Maßstab nicht nur seines Handels und Gewerbelebens, sondern im allgemeinen auch seines Kulturstandes. So steht in obiger Übersicht das industriereiche Belgien mit seinem blühenden Handel und Verkehre obenan. Auf je 100 qkm seiner Fläche weist es 20 km Eisenbahnen auf. Ihm kommt Sachsen mit 18,3 km Bahnlänge nahe, während England unter dem Einflusse des zurückgebliebenen Irlands es auf 10,9 km, Deutschland auf 8,9 km u. s. w. bringt. Im Gegensatze hierzu steht Österreich-Ungarn mit nur 5,0 km, Rußland gar mit 0,7 km auf je 100 qkm seiner Bodenausdehnung. Die Länder der anderen Erdteile zeigen sämtlich verhältnismäßig niedrige Werte. Selbst in den Deutschland an Größe vierzehnmal übertreffenden Vereinigten Staaten von Amerika finden wir nur 3,8 km. Freilich ist Nordamerika ein kräftig aufstrebendes und noch in der Entwickelung begriffenes Land, dessen gesamte wirtschaftliche Verhältnisse, besonders jetzt nach dem erfolgreichen Kriege mit Spanien, blühenden Aufschwung nehmen werden. In wenigen Jahrzehnten wird jene Zahl von 3,8 km weit überholt sein, während andererseits die bereits hochentwickelten Staaten Europas schon jetzt ein sehr vollkommenes Eisenbahnnetz aufweisen und nur noch verhältnismäßig geringe Längenvermehrung erfahren werden. Ebenso werden zahlreiche andere Länder, die gegenwärtig noch ungenügend erschlossen sind, demnächst eine lebhafte Thätigkeit auf dem Gebiete des Bahnbaues entfalten.

Die Zahl der Bahnkilometer, die auf die Flächeneinheit entfallen, liefert nun aber für sich allein noch kein richtiges Bild, es muß auch die Bevölkerungszahl in Betracht gezogen werden. Nach dieser Richtung hin gibt die obige Übersicht und zwar in ihrer letzten Reihe bemerkenswerten Aufschluß. So zeigt Westaustralien 158,7 km Eisenbahnen auf je 10 000 seiner Einwohner, die Vereinigten Staaten von Nordamerika 42,2 km, Deutschland 9,2 km u. s. w. Je dünner das Land bevölkert ist, desto größer erscheint die Eisenbahnlänge, desto mehr also ist im Verhältnisse zur Bevölkerungszahl die Schienenstraße hier schon entwickelt, desto weniger allerdings das Land in seiner wirtschaftlichen Allgemeinheit. Wie schnell das Wachstum der Eisenbahnen in einem Lande letzterer Art in unserer Zeit vor sich gehen kann, zeigt besonders Australien. Während das Bahnnetz Europas in den letzten zweiundzwanzig Jahren — bezogen auf je 10 000 Einwohner — sich nur um 60 % vergrößerte, war dies in den australischen Kolonien um 737 % der Fall, wie folgende Zusammenstellung besagt. Auf je 10 000 Einwohner entfielen km Eisenbahnen:

	1875	1885	1897	Zunahme in % seit 1875
Europa	4,3 km	5,8 km	6,9 km	60 %
Australien	6,2 „	29,5 „	51,9 „	737 %

Einen sehr zuverlässigen Maßstab sowohl für die Dichtigkeit des Verkehres und das Blühen der Gewerbe als auch für die Leistungsfähigkeit der Eisenbahnen bietet die Zahl der Betriebsmittel, mit denen die letzteren ausgerüstet sind. Je mehr Handel und Gewerbe

blühen, desto reger ist der Güteraustausch, desto lebhafter der Personenverkehr, und um so leistungsfähiger müssen die Eisenbahnen sein, um so mehr Betriebsmittel müssen in Benutzung stehen. Auch hierin sind die europäischen Bahnen den übrigen weit überlegen, wie die folgende Übersicht zeigt:

Land	Zahl der Lokomotiven	
	insgesamt	auf je 10 km Betriebslänge
Europa	79 500	3,02
Vereinigte Staaten von Amerika	36 000	1,21
Australien	2 200	1,95
Britisch Indien	4 300	1,24
Die übrigen Länder	11 000	1,00
Zusammen auf der Erde	133 000	1,82

Besonderes Interesse verdienen die diesbezüglichen Vergleichszahlen der einzelnen europäischen Länder, sowie namentlich die der deutschen Bundesstaaten. Nachstehende Zusammenstellung enthält diese Angaben für je sieben Bezirke. Sie sind der Arbeit des Verfassers über „Eisenbahn-Hauptwerkstätten" *) entlehnt unter Berücksichtigung der neuesten Statistik.

Vergleichende Übersicht der Betriebsmittel,
mit denen die Eisenbahnen für je 10 km Betriebslänge durchschnittlich ausgerüstet sind.

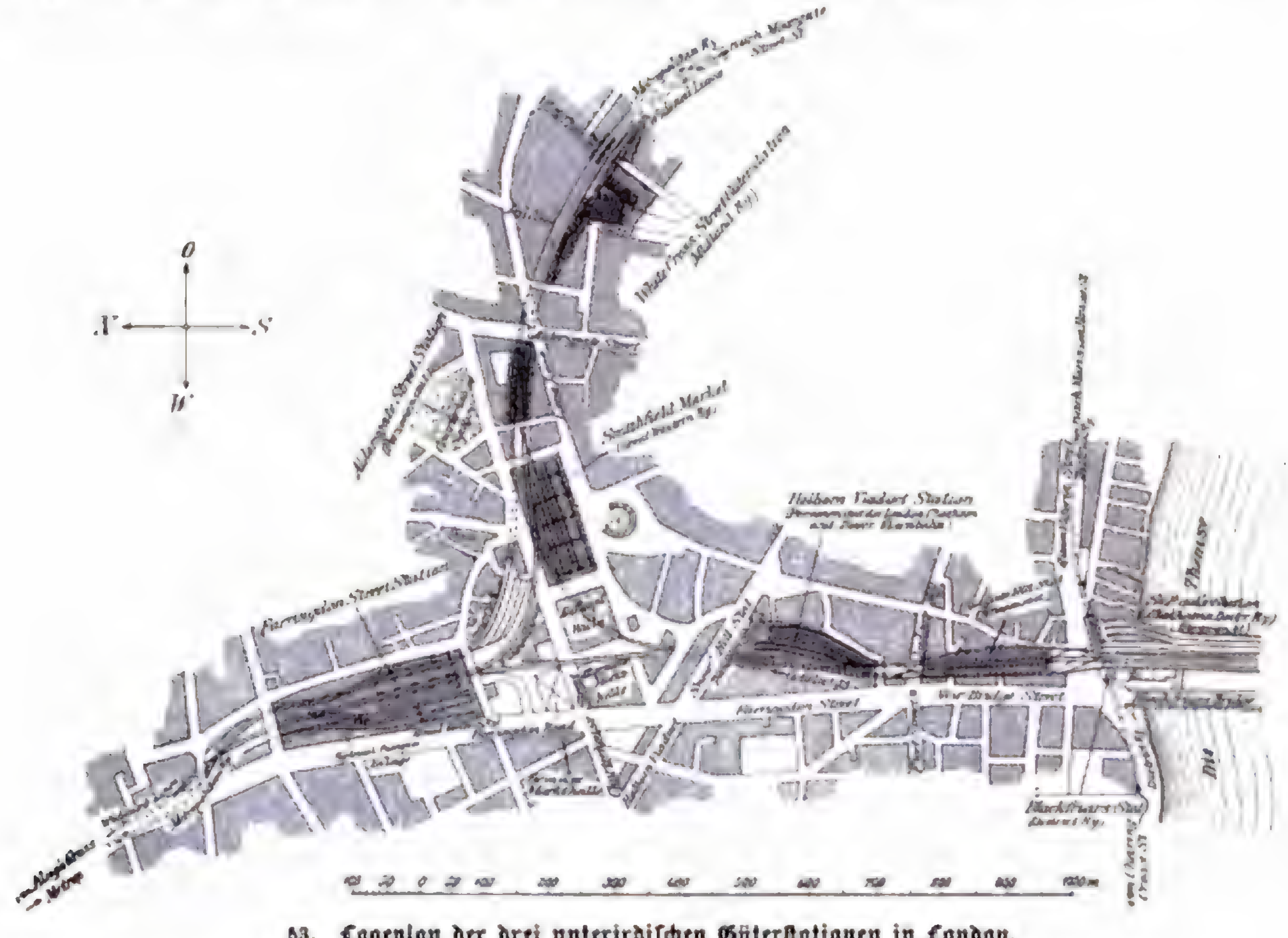
Länder Europas 1898.

Land	Lokomotiven	Personenwagen	Güter- und Gepäckwagen
Deutschland	3,58	7,11	76,4
Frankreich	2,58	6,62	68,1
England	5,65	12,77	192,8
Rußland	2,34	2,59	58,8
Österreich-Ungarn	1,96	5,02	37,4
Belgien { Staatsbahnen	6,92	13,55	146,1
Belgien { Privatbahnen	3,82	6,72	94,0
Dänemark	2,05	5,60	30,2
Länder Deutschlands 1899 **).			
Preußen	4,04	7,34	91,59
Bayern	2,77	6,43	40,07
Sachsen	4,32	11,43	108,04
Württemberg	3,09	6,87	44,91
Baden	3,98	10,62	76,56
Mecklenburg-Schwerin	1,50	2,97	27,27
Oldenburg	2,32	4,07	28,24

Man stelle hieraus wieder einmal die Zahlen der deutschen, englischen oder belgischen Bahnen denen von Österreich-Ungarn, Rußland oder Dänemark gegenüber. Welche Unterschiede treten da in der Stärke der verschiedenen Fuhrparke auf! Daß ein Land mit verhältnismäßig geringer Zahl an Lokomotiven und Wagen auch in Kriegszeiten einem Staate mit starker Bahnausrüstung nachsteht, vollends gar, wenn die Maschen des Gleisnetzes recht weite sind, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Das Zusammenziehen der Truppen, das Befördern an die bedrohte Grenze, der Nachschub aus dem Inneren u. s. w., alles das vollzieht sich bei ihnen weit langsamer, als in einem Lande mit leistungsfähigen Bahnen. Man vergleiche nur in obiger Zusammenstellung Rußland und Frankreich mit England oder Deutschland. Die einzelnen deutschen Bundesstaaten sind sehr ungleich bedacht. Während Preußen auf je 10 km seiner Linien durchschnittlich 4 Lokomotiven und 92 Güterwagen zählt, Sachsen noch höhere Werte aufweist, hat Bayern

*) „Die Eisenbahn-Technik der Gegenwart" von Blum, v. Borries und Barkhausen.
**) Die Angaben beziehen sich auf Staatsbahnen mit 1435 mm Spurweite.

nur 2,7 Lokomotiven und 40 Güterwagen, Mecklenburg-Schwerin sogar noch erheblich weniger. Preußen hat demnach seine Bahnen $1\frac{1}{2}$ mal so stark mit Lokomotiven und $2\frac{1}{4}$ mal so stark mit Güterwagen besetzt wie Bayern, Sachsen sogar $2\frac{1}{2}$ bis 3 mal so stark als letzteres Land. Und dabei tritt doch noch alljährlich in Preußen zur Zeit des stärksten Verkehrs, d. i. im Herbst während der Zuckerrüben- und Kartoffelernte sowie der vermehrten Kohlentransporte, desgleichen nach Zufrieren der Wasserstraßen Wagenmangel ein. Die Anforderungen an die Bahnverwaltungen sind in der Zeit auch ganz gewaltige. Wurden doch im November 1898 allein im Kohlenrevier von Rheinland-Westfalen Tag für Tag rund 14500 Wagen, an einzelnen Tagen sogar 18000 den Zechen und Kokereien gestellt*), Riesenzahlen, die sich auch 1899 nicht vermindert haben.

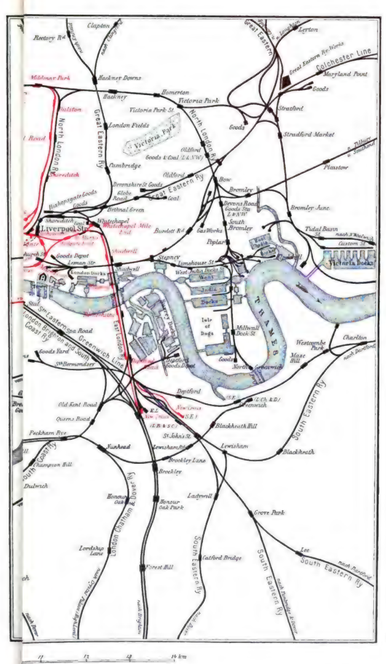


53. Lageplan der drei unterirdischen Güterstationen in London.

Das Eisenbahnnetz der einzelnen Länder ist natürlich in den eigentlichen Industriegegenden am dichtesten gesponnen. Man vergleiche nur in Preußen die Eisenbahnkarte von Rheinland-Westfalen mit der von Ostpreußen oder Posen, die des Manchester-Liverpooler Gebietes mit Irland. Auch die großen Städte sind Sitze eines regen Bahnverkehrs. Allen voran und in der Welt unerreicht in Bezug auf Stationen und Reisende steht London. Unsere Tafel veranschaulicht das Eisenbahnnetz, das diese fast 6 Millionen Einwohner zählende Riesenstadt umspinnt und durchzieht. Innerhalb einer Fläche, die von einem vom Londoner Hauptpostamt mit 19300 m Halbmesser beschriebenen Kreise begrenzt wird, zählt man nicht weniger als 418 Eisenbahnstationen, darunter über 100

*) Nach der Zeitschrift des „Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen“ sind im November 1898 im Ruhrbezirk für die Abfuhr von Kohlen und Koks 362289 offene Wagen von je 10 t Tragkraft gestellt worden, in Oberschlesien 148110 Wagen gleicher Tragkraft. Nicht rechtzeitig gestellt wurden im Ruhrgebiet 9447 Wagen, in Oberschlesien 868 Wagen. Es herrschte in jenem Monat mehrere Tage lang starker Nebel, der dem riesenhaften Eisenbahnverkehr in jenem in der Welt unerreicht dastehenden Industriegebiet hinderlich war. An gedeckten Wagen (für Stückgüter, Getreide, Zucker, Futter- und Düngemittel u. s. w.) sind in jenem Monat auf den preußischen Staatsbahnen 750006 Stück gestellt worden, während nur $2\frac{1}{2}$% der angeforderten Wagen nicht rechtzeitig gestellt werden konnten.

Digitized by Google



Digitized by Google

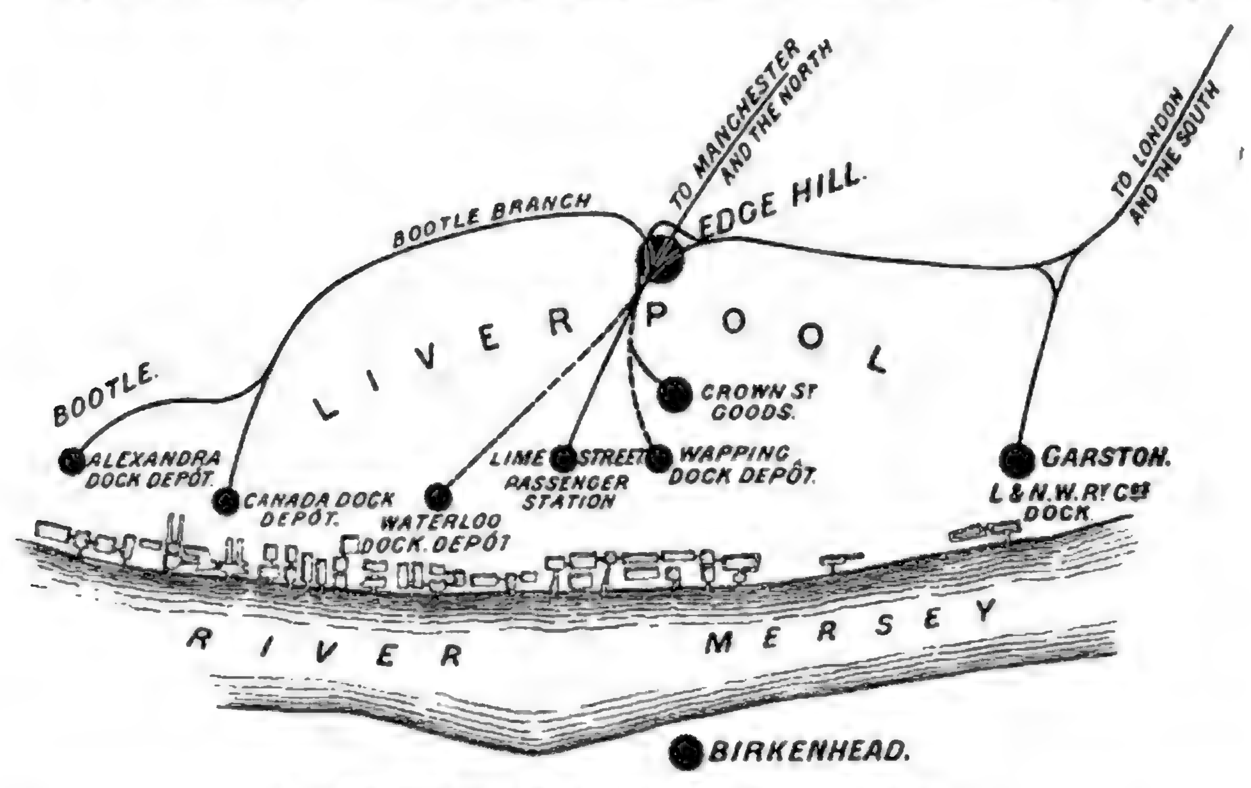
besondere Güter- und Kohlenbahnhöfe, während sich auf einer mit halb so großem Halbmesser vom Hauptpostamt beschriebenen Kreisfläche (= 72 qkm) gar 275 Stationen vorfinden. Berlin, das unter den übrigen Großstädten, abgesehen von New York, in Bezug auf das Eisenbahnwesen obenan steht, besitzt mit seiner Umgebung auf einer Fläche von 275 qkm rund 72 Stationen, einschließlich 11 besonderer Güterbahnhöfe.

Es ergeben sich hieraus folgende bemerkenswerte Vergleichszahlen:

London: 275 Stationen auf 72 qkm oder 1 Station auf rund $^1/_4$ qkm,
Berlin: 72 „ „ 275 „ „ 1 „ „ „ 4 „ .

Unsere Tafel zeigt so recht das Bestreben der Engländer, dem Handel und Verkehr möglichst Erleichterung zu gewähren. Ihre nicht von bureaukratischen, sondern von kaufmännischen Gesichtspunkten geleiteten Eisenbahnen tragen dem in vollstem Maße Rechnung.

Dieses tritt noch deutlicher durch die Abb. 53 zu Tage, die einen der bemerkenswertesten Punkte des Londoner Gleisnetzes wiedergibt. In engster Nachbarschaft sind hier — bald ober-, bald unterirdisch — sieben Personenstationen und drei Güterbahnhöfe — letztere unterirdisch — zur Ausführung gebracht, um dem Massenverkehr im Herzen



54. Lageplan der Güterstationen des Liverpooler Hafens.

von London genügen zu können. Und wie stark sind alle diese Stationen, namentlich auch die drei für den Güterverkehr: White Croß, Smithfield Market und Farringdon Street-Station, belastet! Nicht minder lehrreich nach dieser Richtung ist Abb. 54. Sie zeigt uns nicht weniger als 5 Güterbahnhöfe im Hafengebiet von Liverpool, die sämtlich der London and North Western Bahn gehören.

Schließlich mögen noch die Anlagekosten und die Zahl der im Bahndienst Beschäftigten Erwähnung finden, da sie für die wirtschaftliche Bedeutung der Eisenbahnen zeugen. Die Kosten für Bau und Ausrüstung sämtlicher Eisenbahnen der Erde sind in abgerundeten Zahlen im Jahre 1867 auf 37, 1875 auf 65, 1885 auf 105 Milliarden Mark zu veranschlagen, während dieser Betrag am Anfange des Jahres 1898 bereits mit rund 145 Milliarden Mark anzunehmen ist. Zur Veranschaulichung dieser Summe denke man sich dieselbe als eine Rolle von Thalern. Sie würde eine Länge von 121 439 km besitzen, somit den Äquator mehr als dreimal umspannen. Zu ihrem Versande auf der Eisenbahn wären 18 000 Güterzüge längster Art erforderlich. Wollte man die ganze Summe aus den Betriebsüberschüssen der Bahnen mit 4 % verzinsen, so bedürfte es einer täglichen Reineinnahme von 16 Millionen Mark.

Digitized by Google

Die Anlagekosten für 1 km Bahnlänge sind sehr verschieden. Örtliche Verhältnisse wie Geländebildung, Preis des Bodens, Zahl und Größe der Kunstbauten beeinflussen sie sehr, ferner Größe der Bahnhofsanlagen, Ausstattung mit mehrfachen Gleisen, Sicherheitseinrichtungen u. s. w. Die englischen Bahnen sind durchschnittlich am teuersten gebaut. Ein Kilometer Bahnlinie hat gekostet in England rund 600 000 Mark, in Deutschland 252 000 Mark, in Österreich-Ungarn 218 000 Mark, in Holland 494 000 Mark, in Frankreich 314 000 Mark, in Dänemark 107 000 Mark und durchschnittlich in Europa 288 000 Mark, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika 158 400 Mark.

55. Gornergratbrücke über den Findelenbach.
Nach einer Aufnahme der Photographen F. Hume u. Co. in Zermatt.

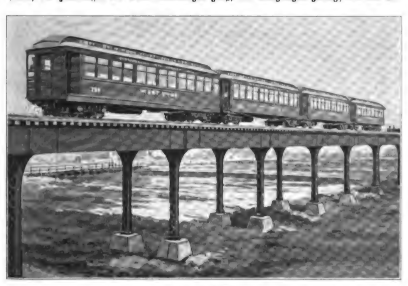
Zahl der Eisenbahn-Bediensteten. Nach der vom Reichseisenbahnamt alljährlich herausgegebenen Statistik der Eisenbahnen Deutschlands waren bei diesen im Jahre 1898/99 insgesamt 511 000 Beamte und Arbeiter beschäftigt. Es entfällt somit durchschnittlich auf je 102 Bewohner Deutschlands ein im Eisenbahndienst Beschäftigter. Schätzungsweise kann man unter Einrechnung der Familienangehörigen annehmen, daß im Deutschen Reiche etwa 2 Millionen Menschen unmittelbar durch die Eisenbahnen ihren Unterhalt finden. Von der oben genannten Zahl der Arbeiter und Beamten entfallen durchschnittlich 10,6 derselben auf 1 km Bahnlänge. Rechnet man vorsichtigerweise für alle Eisenbahnen der Erde nur 70% dieses Wertes, so ergeben sich bei 732 000 km Gesamtlänge etwa $5^1/_2$ Millionen Beamte und Arbeiter, die im Solde des geflügelten Rades stehen und einschließlich der Angehörigen mindestens 20 Millionen Menschen, die von ihm unmittelbar abhängig sind. Zählt man hierzu noch alle diejenigen, die an den Lieferungen von Eisenbahnfahrzeugen, Radreifen, Schienen, Stellwerken und all den sonstigen mannigfachen Ausrüstungsstücken der Strecken und Werkstätten, sowie von Roh- und Hilfsstoffen aller Art beteiligt sind, die ferner bei Bahnbauten und Unterhaltungsarbeiten Beschäftigung finden, so erkennt man, von welch einschneidender Bedeutung das Eisenbahnwesen für die wirtschaftlichen Verhältnisse der Völker ist — ganz zu geschweigen von den in der Einleitung oben kurz erörterten ungeheuren Vorteilen der Bahnen für Handel, Gewerbe und Verkehr, sowie für die Landesverteidigung.

Digitized by Google

Einteilung der Bahnen.

Das Riesennetz der Eisenbahnen zeigt in seinen einzelnen Maschen eine mannigfache Verschiedenheit und vielseitige Ausbildung. Den gewichtigsten Einfluß auf die äußere Gestaltung übt naturgemäß das Gelände aus. Eine Bahn durch die norddeutsche Tiefebene, ungarische Pußta oder die Savannen Argentiniens stellt sich einfacher in Anlage und Ausführung dar als eine Alpenbahn oder eine durch oder unter das Häusermeer der Großstädte zu legende Stadtbahn. Demgemäß unterscheidet man: Flachland-, Hügelland-, Gebirgs-, Berg- und Stadtbahnen (Hoch- oder Tiefbahn). In dieser Reihenfolge haben sich auch die Eisenbahnen im allgemeinen nacheinander entwickelt.

Bei den Flachlandbahnen sind Kunstbauten (Thalbrücken, Tunnel, Stützmauern u. s. w.) selten, die Halbmesser der Gleiskrümmungen groß, die Steigungen gering; bei den Gebirgsbahnen dagegen findet das Gegenteil statt. Hier muß oft die Linie künstlich entwickelt werden, um die Steigung nicht zu groß zu erhalten. Stadtbahnen bilden auf ihrer ganzen Länge eine fast ununterbrochene Reihe von Kunstbauten. Sind sie Hochbahn, so ruht das Gleis auf einem Steinviadukt (Berlin, Wien) oder wird von eisernen Säulen und Trägern gestützt (New York, Chicago, Liverpool, Berlin [Elektrische Hochbahn], Elberfeld [Schwebebahn] u. s. w.). Sind sie Tief- oder Untergrundbahn, so bildet ihre Linie entweder einen einzigen Tunnel tief im Schoß der Erde (elektrische Untergrundbahnen in London) oder dicht unter dem Straßenpflaster liegend (Unterpflasterbahn in Glasgow, Berlin, Budapest u. s. w.), oder sie besteht aus einer Kette von abwechselnden Tunneln und Einschnitten (London, Glasgow u. s. w.). Ist das von der Bahn unterfahrene Gelände der betreffenden Stadt stark hügelig, so schmiegt sich der Gleiszug dieser Bodengestaltung im allgemeinen auch an. So bilden z. B. die älteren Untergrundbahnen der englischen Hauptstadt einen stetig gebrochenen Linienzug mit Steigungen von 1:100, 1:44 und selbst 1:39, besitzen also fast den Charakter einer Gebirgsbahn.



56. Hochbahn in Chicago.

Aber auch die Verkehrsstärke, Bedeutung und Zweck der Bahn schaffen unterscheidende Merkmale. Linien des großen durchgehenden Verkehrs mit lebhaftem Schnellzugsdienst

Digitized by Google

erfordern (neben einheitlicher Spurweite) kräftigeren Unterbau, festere Gleise und leistungsfähigere Betriebsmittel als Strecken, die täglich nur von wenigen leichten Zügen langsam befahren werden oder die lediglich einem schwachen Güterverkehr dienen. Derartige Bahnen untergeordneter Bedeutung erhalten vielfach auch der Kostenersparnis wegen eine kleinere Spurweite als die ersteren, die Vollbahnen. Auch ihr Oberbau wird leichter gehalten und ruht häufig, statt auf einem besonderen Bahnkörper, auf dem Fahrdamm der Landstraßen.

Wir unterscheiden daher nach diesen Gesichtspunkten: Hauptbahnen (Primärbahnen), Nebenbahnen (Sekundärbahnen), Kleinbahnen (Tertiärbahnen) und nach dem Verkehrszwecke: Personen- und Güterbahnen, Personenbahnen (Touristenbahnen), Güterbahnen (Schlepp-, Industrie-, Feld-, Waldbahnen u. s. w.). Auch die reinen Militärbahnen (Festungsbahnen u. s. w.) gehören hierher.

Nach der Größe der Spurweite zerfallen die Bahnen in solche mit Breit-, Normal- oder Schmalspur, nach der Art der Triebkraft*) in: a) Dampf-, Luft-, Gas-, Druckwasser- und elektrische Bahnen, b) Bahnen durch die Muskelkraft des Menschen oder der Tiere (Ochsen, Pferde, Maultiere) bewegt, c) durch die Schwerkraft betrieben; nach der Kraftausnutzung in Reibungs- (Adhäsions-), Zahn- und Seilbahnen, und nach der Zahl der Fahrschienen in ein-, zwei- und mehrschienige Bahnen (Langesche Schwebebahn, Bahn von Lartigue, Meigs, Enos, Behr u. s. w.); endlich nach dem Besitzer in Staats- und Privatbahnen.

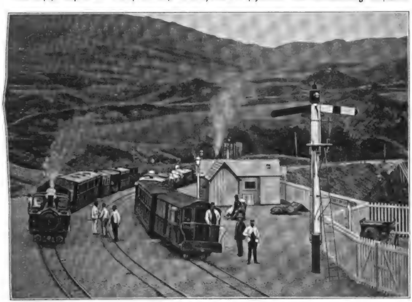
Als G. Stephenson seine erste Lokomotive für englische Kohlenbahnen baute, hatte er sie der **Spurweite** der bestehenden Gleise anzupassen. Diese betrug 4' 8½" engl. — 1435 mm, ein Maß, das er auch der von ihm erbauten Stockton-Darlingtoner Bahn — der ersten dem öffentlichen Verkehre dienenden Lokomotiveisenbahn — gab. Es wurde auch für alle von ihm später erbauten englischen Bahnen beibehalten und ist somit rein zufällig**) entstanden. Isambart **Brunel**, der berühmte Erbauer des ersten Themsetunnels, durch den sich jetzt ein lebhafter Zugverkehr unter der Themse abspielt, schlug 1833 eine Spurweite von 7' engl. — 2135 mm vor, für die er verschiedene Vorteile ins Feld führte. Sie wurde für die von ihm erbaute Great Western-Bahn angenommen und zur Unterscheidung von der Stephensonschen Spur Broadgauge (Breitspur) genannt. Auch auf einigen anderen Linien wurde sie angewendet. Verschiedene Spurweiten auf den Hauptbahnen eines Landes führen aber zu argen Unzuträglichkeiten. Die Fahrzeuge können nicht von einer Linie auf die andere übergehen, ein Durchgangsverkehr ist also unmöglich. Dies ist nicht nur für Handel und Verkehr lästig und kostspieliger wegen des mehrfachen Umladens der Güter, sondern auch in militärischer Hinsicht (Landesverteidigung) nachteilig. In der mehrjährigen lebhaften Preßfehde über die Zweckmäßigkeit der Brunel- und der Stephenson-Spurweite, the fight of gauges genannt, blieb die letztere Siegerin.

---

*) An dieser Stelle sei die in der Entscheidung des deutschen Reichsgerichts vom 17. März 1879 enthaltene Erklärung über den Begriff „Eisenbahn" wiedergegeben: „Eine Eisenbahn ist ein Unternehmen, gerichtet auf wiederholte Fortbewegung von Personen oder Sachen über nicht ganz unbedeutende Raumstrecken auf metallener Grundlage, welche durch ihre Konsistenz, Konstruktion und Glätte den Transport großer Gewichtsmassen, bezw. die Erzielung einer verhältnismäßig bedeutenden Schnelligkeit der Transportbewegung zu ermöglichen bestimmt ist und durch diese Eigenart, in Verbindung mit den außerdem zur Erzeugung der Transportbewegung benutzten Naturkräften (Dampf, Elektrizität, tierischer oder menschlicher Muskelthätigkeit, bei geneigter Ebene der Bahn auch schon der eigenen Schwere der Transportgefäße und deren Ladung u. s. w.), bei dem Betriebe des Unternehmens auf derselben eine verhältnismäßig gewaltige, je nach den Umständen nur in bezweckter Weise nützliche oder auch Menschenleben vernichtende und die menschliche Gesundheit verletzende Wirkung zu erzeugen fähig ist." Der Ingenieur sagt dagegen etwas einfacher: „Eine Eisenbahn ist eine Spur- oder Gleisbahn, auf der Fahrzeuge zum Zweck der Personen- oder Güterbeförderung durch eine Triebkraft bewegt werden."

**) Die in der neueren Litteratur zu findende Angabe, die Kohlenbahnen hätten eine Spur von 4' 6" besessen, und Stephenson hätte das um 2½" größere Maß gewählt, „weil er sich in dem Raume zur Unterbringung der Dampfcylinder beengt sah", ist schon deshalb haltlos, weil bis zum Jahre 1828, also fast noch drei Jahre nach der Eröffnung der eben genannten Bahn, alle bis dahin von Stephenson gebauten Lokomotiven ihre zwei Dampfcylinder oben auf dem Kessel und zwar hintereinander trugen.

Ein eigens zur Prüfung dieser Frage 1845 eingesetzter Parlamentsausschuß erkannte zwar die Richtigkeit des Brunelschen Hauptgedankens: daß die Breitspur eine größere Fahrgeschwindigkeit ermögliche als die enge Spur, an, gab aber aus technischen und wirtschaftlichen Gründen der letzteren den Vorzug, „da sie den Bau von Eisenbahnen erleichtere und weniger Kosten verursache“. Das Parlament nahm daraufhin ein Gesetz an, daß alle zukünftigen Bahnen Englands und Schottlands mit der engen Spur herzustellen seien. In Irland, wo eine ganze Anzahl verschiedener Spurweiten zur Ausführung gekommen waren, wurde ein einheitliches Maß von 5' 3" = 1600 mm vorgeschrieben. Mit Ausnahme der Great-Western-Bahn wurden die anderen breiten Spurweiten in England auf das hinfort als normale Spur geltende Maß von 1435 mm umgebaut, und die Brunelsche Spur blieb auf die erstere Bahnlinie beschränkt. Die Verwaltung derselben



57. Die Festiniogbahn in Wales. Spurweite 59 cm.

sah sich später gezwungen, ihr Netz auch den normalspurigen Fahrzeugen anzupassen. Es wurde zu dem Zwecke in die Breitspur eine dritte Schiene eingelegt (Abb. 117 im Abschnitt „Oberbau“), so daß auf diesem dreischienigen Oberbaue breit- und schmalspurige Fahrzeuge laufen konnten.*) Im Jahre 1892 wurde die Breitspur endgültig beseitigt, so daß seitdem die Bahnen Englands und Schottlands einheitliches Spurmaß besitzen. Durch Lieferung englischer Lokomotiven (zumeist aus der Stephensonschen Fabrik) an die ersten belgischen und deutschen Bahnen kam jenes Maß von 1435 mm auch auf dem Festlande zur Geltung — leider, wie wir heute bekennen müssen, denn, wie im Abschnitt „Lokomotiven“ näher dargelegt, ist es heute infolge der durch diese enge Spur begrenzten Konstruktionsbreite äußerst schwierig, die Leistungsfähigkeit der Lokomotive den fortwährend wachsenden Verkehrsanforderungen anzupassen. Unsere stärksten Lokomotiven zeigen zur Zeit bereits Kesselabmessungen, die in zweckmäßiger Weise kaum noch gesteigert werden können.

*) Nach Mitteilung der Bahnverwaltung an den Verfasser im Jahre 1891 zeigten die auf der doppelspurigen Strecke verkehrenden Züge auch in der Neuzeit noch zu gunsten der Breitspur einen kleinen Unterschied in der Fahrgeschwindigkeit.

Digitized by Google

In Europa und Nordamerika ist das englische Spurmaß (1435 mm) vorherrschend, das sich überhaupt auf etwa Dreiviertel aller Eisenbahnen in der Welt vorfindet. Nur Länder, denen von Natur ein Durchgangsverkehr mit den Nachbarstaaten unmöglich gemacht oder erschwert ist (Irland, Spanien), oder die ihn aus politischen bezw. militärischen Gründen ablehnten, wählten eine andere Spur. Sie beträgt in Rußland 1525 mm, in Irland 1600 mm, in Spanien 1676 mm. Letzteres Maß zeigt auch ein Teil der ostindischen Bahnen.

Schmalspurbahnen. Große Spurweiten bedingen naturgemäß flache Gleiskurven und breite Bahnkörper, machen somit die Anlage teuer. Man ist deshalb für Bahnen mit schwachem Verkehre oder aus finanziellen Gründen vielfach zu einer kleineren Spurweite als 1435 mm übergegangen (Schmalspurbahnen). Der hierbei zulässige kleinere Kurvenhalbmesser und die wegen der leichteren Züge auch ermöglichte stärkere Steigung gestatten nun im Hügel- und Gebirgslande ein viel besseres Anschmiegen der Bahnlinie an die Bodengestaltung. Die stets kostspieligen Kunstbauten und Erdarbeiten werden bei enger Spur wesentlich eingeschränkt. Schmalspurbahnen fallen deshalb für das laufende Kilometer etwa 30 000 Mark im Mittel billiger aus als eine Vollbahn, auch Betrieb, Unterhaltung und Bewachung erfordern wesentlich geringere Summen. Sie sind daher in dünnbevölkerten Gegenden, wo kein lebhafter Verkehr zu erwarten steht, sehr am Platze. In unserer Zeit finden sie als Kleinbahnen eine stark wachsende Verbreitung. Die Spurweite der deutschen Schmalspurbahnen beträgt 1000, 750 oder 600 mm. Abweichungen kommen vielfach im Auslande vor, so zeigen schwedische und norwegische Bahnen 871 und 1067 mm, bosnische Bahnen 760, die Linie Beirut-Damaskus 1050, die Wengernalpbahn 800 mm u. s. w. Das kleinste Maß, nämlich 1′ 11 $^1/_4$″ = 590 mm, besitzen zwei Bahnen in Wales, darunter die Festiniogbahn, die zugleich die älteste der Schmalspurbahnen ist. Die Engländer konnten sich somit bis 1892 rühmen, die größte und auch die kleinste aller Spurweiten, welche bei den dem öffentlichen Verkehre dienenden Bahnen vorkommen, in ihrem Lande zu besitzen. Die Festiniogbahn verbindet den Hafenplatz Portmadoc mit der 214 m höher gelegenen Ortschaft Dinas. Von der fast 23 km langen Linie liegen 20 km in Steigungen, die im Mittel 11 ‰ (1 : 92), im Höchstwerte 14 $^1/_2$ ‰ (1 : 69) betragen. Gleisbögen sind sehr zahlreich, ihr kleinster Halbmesser beträgt 35 m.

Ursprünglich für den Schiefertransport der zahlreichen um Dinas gelegenen Schieferbrüche bestimmt, die durch Bremsberge der Neigung 200 ‰ (1 : 5) bis 1300 ‰ (1 : $^3/_4$) mit der Bahn in Verbindung stehen, wurde bis zum Anfange der sechziger Jahre der Betrieb durch Pferde bewirkt. Dieselben zogen die Wagen ins Gebirge hinauf und wurden mit den infolge der Schwerkraft thalwärts gehenden Lastzügen wieder abwärts befördert. Auch jetzt noch werden die beladenen Schieferwagen, zu langen Zügen zusammengestellt, unter Begleitung einiger Bremser lediglich durch ihre Schwerkraft zu Thal gesandt.

Die Pferde wurden 1863 durch Lokomotiven abgelöst, was seiner Zeit wegen der außerordentlich kleinen Spurweite dieser Bahn großes Aufsehen erregte, das noch gesteigert wurde, als sechs Jahre später die langgebauten Fairlie-Lokomotiven eingeführt wurden. Die erste derselben führte auch den bezeichnenden Namen „Little Wonder“ (vergl. Abb. 219 im Abschnitt „Lokomotiven“).

Das Bähnchen erfreut sich eines großen Verkehres, beförderte es doch bereits im Jahre 1869 nicht weniger als 97 000 Reisende, welche Zahl jetzt auf rund 140 000 angewachsen ist, daneben werden jährlich etwa 115 Millionen kg Güter, meistens Schiefer, aber auch Kohlen, Holz u. s. w., befördert. Sonntags ruht der Betrieb.

Eigenartig sind die kleinen 3 m langen älteren Personenwagen, die oberhalb des Fußbodens nur aus Dach und zwei Stirnwänden mit zwei Längssitzen in der Mitte bestehen und an den Seiten durch einen Lederschurz abgeschlossen werden. Sie fassen zwölf Personen. Ihr Fußboden liegt 20 cm über den Schienen, daher eigentliche Bahnsteige auf den Stationen fehlen. Die Schieferwagen sind rohe Holzkarren ohne Federung, von ihnen stehen etwa 1100 Stück in Benutzung. Abb. 57 zeigt eine Station dieser Bahn mit zwei zur Abfahrt bereitstehenden Zügen. Sie scheinen für Zwerge gebaut zu sein, bieten jedoch dem Reisenden in den neueren Wagen erster Klasse volle Bequemlichkeit.

Die Bauart der ganzen Bahnanlage mit ihren Dämmen, Tunneln, Einschnitten und ihr Betrieb sind höchst eigenartig durchgeführt. Die landschaftliche Umrahmung ist höchst malerisch, und eine Fahrt auf dieser Linie, zumal auf der Lokomotive, offenbart die ganze Wildheit der schluchtenreichen Gebirgswelt von Wales.

58. Feldbahn mit Handbetrieb in Neuguinea.

59. Feldbahn mit Tierbetrieb in Niederländisch-Indien.

60. Feldbahn mit Dampfbetrieb in Java.

61. Feldbahn mit elektrischem Betrieb in Transvaal.

Nach Aufnahmen von A. Koppel in Berlin.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß für Gebirgsbahnen mit so lebhaftem Personen- und Güterverkehre, wie ihn diese Liliputbahn aufweist, derartig schmale Gleise nicht zweckmäßig sind. Man geht heutigestags nur ausnahmsweise bei den namentlich für Personenverkehr bestimmten Bahnen mit der Spurweite auf 60 cm herab, wendet sie dagegen für Sonderzwecke, wie Ausstellungsbahnen, Militärbahnen, vor allem für Industrie-, Feld- und Waldbahnen häufig an. Décauville in Frankreich bildete bereits vor zwanzig Jahren für die eben genannten Zwecke Schmalspurbahnen in vielseitigster Weise aus, sowohl was die Gleise als auch die Fahrzeuge anbetrifft. Für vorübergehende Zwecke, wie Wald- und Landwirtschaftsbahnen (Rübenbau u. s. w.), für Erdarbeiten, Materialbeschaffungen zu größeren Bauten u. s. w. stellt man den Oberbau aus tragbaren Gleisjochen her. Die Schienen von 2 bis 6 m Länge sind hier bereits in der Fabrik mit den Eisenschwellen fest verbunden, so daß nicht nur das Verlegen des Gleises schnell erfolgen kann, sondern auch seine Wiederaufnahme und sein Umlegen an anderer Stelle. Décauville erregte auf der Pariser Weltausstellung 1889 mit einer solchen, dem besonders lebhaften Personenverkehre auf dem Ausstellungsplatze dienenden Bahn von 60 cm Spurweite Aufsehen. Die Linie war 3 km lang, ihre größte Steigung betrug 25 ‰ (1 : 40), der kleinste Gleisbogen hatte nur 30 m Halbmesser. Die Gleise bestanden aus 5 m langen Jochen. Lokomotiven und Wagen waren kurvenbeweglich (vergl. „Lokomotiven"). Heutigestags haben sich eine ganze Anzahl von Bauarten für diese so nützlichen Bahnen herausgebildet. Es seien hier nur diejenigen von Krupp in Essen, vom Osnabrücker Stahlwerk und von Koppel in Berlin genannt. Einige bemerkenswerte Ausführungen der letztgenannten Firma sind in Abb. 58 bis 61 zusammengestellt. Sie zeigen nicht nur die vielseitigen Verwendungszwecke der Schmalspur, sondern auch die verschiedenartige Ausbildung der Wagen, sowie die mannigfache Art ihrer Triebkraft.

Auch eine deutsche Kleinbahn von 60 cm Spurweite sei hier genannt. Es ist die 1897 vollendete 17 km lange Bahn von Kirchlengern nach Wallücke nahe der Porta. Diese von dem Osnabrücker Stahlwerk erbaute und vornehmlich dem Erztransporte, aber auch dem Personen- und sonstigen Güterversande dienende Bahn weist einen sehr kräftigen Oberbau (Abb. 125), kurvenbewegliche Lokomotiven (Abb. 221) und geräumige Drehgestellwagen auf. Die größte Steigung beträgt 32 ‰ (1 : 31), der kleinste Krümmungshalbmesser auf freier Strecke 60 m. Diese Bahn, in der Spurweite nur 1 cm größer als die vielbewunderte Festiniogbahn, dieser aber betreffs des Oberbaues und der Güterwagen überlegen, zeigt aufs neue, wie wirtschaftlich vorteilhaft das in unserer Zeit so gepflegte Kleinbahnwesen für abgelegene oder dünnbevölkerte Gegenden sein kann.

Die aus tragbaren Jochen hergestellten, von Zwillingslokomotiven befahrenen Feldbahnen der deutschen Eisenbahntruppen haben ebenfalls 60 cm-Spur. Mit gleichem Gleisbaue wird bekanntlich zur Zeit in Westafrika die 300 km lange Bahnlinie Swakopmund-Windhoek durch ein Kommando dieser Truppen versehen, deren erster fertiggestellter Abschnitt sich bereits höchst nützlich für unsere dortige Kolonie erwiesen hat.

Die kühne Darjeeling-Bahn am Himalaja, welche in 82 km langem Laufe 2104 m Höhe ersteigt, hat 2′ = 61 cm Spurweite und vermittelt den Verkehr zwischen diesem als Sommerfrische viel benutzten Höhenorte und Siliguri, dem anderen Endpunkte dieser kühnen Bergbahn. Sie dürfte unter allen 60 cm-Schmalspurbahnen wohl die bedeutendste sein, sowohl was Höhengewinn als auch namentlich die technische Anlage betrifft. In kühnen Windungen, oft in Schleifen und Zickzacklinien (vergl. S. 117), auf denen die Lokomotive den Zug bald zieht, bald vor sich hinschiebt, klettert die Zwergbahn an den Berglehnen empor, dem Reisenden ein fesselndes Panorama auf den 8580 m hohen Kantschindschinga und die schneebedeckten Himalajaketten entrollend.

Die kleinste von Lokomotiven befahrene und dauerndem Zwecke dienende Schienenstraße dürfte die Schmalspur in der Eisenbahnwerkstätte zu Crewe (England) sein. Sie hat nur 1½′ engl. = 457 mm Spurweite. Winzig kleine Dampflokomotiven vermitteln auf ihr den Materialtransport zwischen den einzelnen Arbeitsräumen und den Speichern dieser 6500 Arbeiter zählenden Riesenwerkstatt.

Auf die Wahl der Spurweite haben übrigens die Windverhältnisse der betreffenden Gegend bestimmenden Einfluß. Je schmaler das Gleis, desto geringer ist auch die Standfähigkeit der Wagen bei heftigem Sturmwinde, desto eher können sie um die eine Schiene durch Sturm umgekippt werden.*) Im Hochgebirge hat man mehrfach die 80cm- und 76cm-Spur gewählt (Berner Oberland, Südamerika). Neuerdings zieht man hier jedoch der erwähnten Sturmwirkung wegen die Meterspur vor; so sind z. B. die beiden 1898 eröffneten und elektrisch betriebenen Zahnbahnen, die auf den Gornergrat und die offene Zufuhrstrecke Scheidegg-Eigergletscher der Jungfraubahn mit 100 cm Spurweite gebaut.

Auch ungewöhnliche Schwierigkeiten im Bau und in der Geldbeschaffung können die Spurweite beeinflussen. Ein beredtes Beispiel hierfür bietet die zur Zeit noch unvollendete südamerikanische Überlandbahn, die sogenannte Transandinische Eisenbahn zwischen Argentinien und Chile. Die Anschlußlinien des ersteren Landes — bis Mendoza (724 m über dem Meeresspiegel) reichend — haben 1676 mm Spur, die chilenischen dagegen — bis Santa Rosa (825 m über dem Meeresspiegel) laufend — 1435 mm Spur. Es lag sonach nahe, dem Schlußstücke eines dieser beiden Spurmaße, mindestens das letztere zu geben, damit ein doppeltes Umsteigen und doppelte Umladung der Güter vermieden wurde. Aus den vorgenannten Gründen entschloß man sich für eine Schmalspur von 100 cm. Die Linie Buenos Ayres-Valparaiso (1416 km) weist sonach dreierlei Spurweiten auf, was einen Durchgangsverkehr unmöglich macht. Die Transandino-Bahn ist bezw. wird teils als Reibungsbahn mit 25 ‰ (1:40) Steigung, teils (auf den Scheitelstrecken) als Zahnbahn mit Steigungen von 80 ‰ (1:12½) gebaut. Der höchste Punkt liegt bei La Cumbre fast 3300 m über dem Meeresspiegel. Groß ist die Zahl der Kunstbauten. Die Tunnel, durch harten Fels getrieben, haben 16 km Gesamtlänge. Hätte man die Bahn mit der breiten Spur ausführen wollen, so würden ihre Anlagekosten eine solche Höhe erreicht haben, daß der Bau in jenen stets geldknappen Ländern auf absehbare Zeiten nicht in Angriff genommen sein würde. Die Zahnstrecken dieser Überlandbahn sind in Abb. 94 durch gezahnte Linien hervorgehoben.

Bauliches, Zugwiderstände und Steigungsverhältnisse.

Eine Bahnlinie so nun durch das Gelände zu führen, daß sie nicht nur den Verkehrsbedürfnissen gerecht wird, sondern auch unter den verschiedenen möglichen Linien die billigste in Bezug auf Anlage- und Betriebskosten ist, erfordert sorgfältige Voruntersuchungen technischer und volkswirtschaftlicher Art und eingehende Berechnungen. Im Flachlande gestaltet sich natürlich die Sache einfacher als im Hügellande oder gar im Gebirge. Setzen wir den letzteren Fall voraus. Da gibt es u. a. den mutmaßlichen Verkehr der Bahn nach ihren beiden Fahrrichtungen hin, auf Grund der wirtschaftlichen und Verkehrsverhältnisse der zu durchfahrenden und anzuschließenden Gegenden, abzuschätzen, um Ertragsberechnungen aufstellen zu können, da sind geologische Bodenuntersuchungen vorzunehmen zwecks Klarlegung der anzutreffenden Gesteinsschichten nach Art, Steigen und Fallen; denn danach richtet sich wieder die Beschaffenheit und der Preis der Erdarbeiten u. s. w., werden gefährliche Schichtenbildungen erkannt, die später zu Rutschungen Anlaß geben könnten und die daher durch Verlegen der Linie umgangen, sonst aber durch besondere Bauten abgefangen werden müssen. Der Wert der Nutzländereien ist festzustellen, damit erforderlichenfalls wertvollen Grundstücken — Gruben-

*) Auf der schmalspurigen Nipponbahn wurde am 7. Oktober 1899 der hintere, aus acht Personenwagen bestehende Teil eines gemischten Zuges durch einen Orkan von einer Brücke in den Fluß hinabgeweht. Die Fahrbahn der 274 m langen über den Hokifluß führenden Brücke liegt oben auf den Hauptträgern und ist durch keinerlei Geländer geschützt. Die Reisenden wurden teils getötet, teils schwer verletzt. Die Personenwagen wiegen 7000 bis 7500 kg, und es genügt zu ihrem Umkippen ein Winddruck von 122 bis 130 kg auf 1 qm. Japan wird häufig von schweren Orkanen (Taifun) heimgesucht. Für die Staatsbahnen jenes Landes besteht seit kurzem die Vorschrift, daß während besonders heftiger Stürme die Züge nicht von den Stationen abgelassen werden dürfen. An obigem Unfalltage wurden in der kritischen Zeit drei Züge in den Stationen zurückgehalten, wodurch sie wahrscheinlich der Gefahr des Umkippens entronnen sind.

feldern, Steinbrüchen u. s. w. — durch Bahnkrümmungen aus dem Wege gegangen oder die dafür zu zahlende Entschädigungssumme in Ansatz gebracht werden kann. Die Hochwasserverhältnisse der Wasserläufe müssen wegen der Brücken, Dämme, Durchlässe u. s. w. klargestellt werden, desgleichen die Entnahmestellen für das Kesselspeisewasser (Wasserstationen) und die Absturzstellen von Lawinen. Alle Senkungen und Erhebungen des Geländes sind in entsprechender Breitenerstreckung sorgfältig zu vermessen und genaue Karten danach anzufertigen (mit Höhenlinien), welche ein getreues Spiegelbild des Geländes mit allen Bauten, etwaigen Sümpfen, Mooren, Hochwassergrenzen u. s. w. liefert. Aus dieser Karte ist dann der vorteilhafteste Verlauf der Bahnlinie zu entnehmen, wobei es ganz besonders auf das zweckmäßigste Steigungsverhältnis ankommt, das ihr unter den vorliegenden Umständen zu geben ist.

Dann kommt die Prüfung und Bearbeitung der rein technischen Punkte, wie Anordnung des Bahnkörpers (Dämme, Ein- und Anschnitte, vergl. Abb. 62) mit den Stütz- und Futtermauern, den Böschungsabdeckungen und Durchlässen, der Brücken, Tunnels, Thalbrücken, Schutzgalerien gegen Steinstürze und Lawinen u. s. w., der Entwässerung, Fluß- und Wegeverlegung, Senkung der Thalsohle und des Wasserlaufes, Wegeübergänge, Bahnhöfe, Signale, Wärterhäuser, Werkstätten, des Oberbaues u. s. w. Wechseln Einschnitte und Dämme miteinander ab, so ist noch zu prüfen, ob das aus ersteren gewonnene Material (der „Abtrag") für das Schütten des letzteren (der „Auftrag") ausreicht. Wenn nicht, wird die Linie unter Umständen noch etwas gesenkt oder höher gelegt, bis der Abtrag gleich dem Auftrag geworden ist. Man nennt dieses Verfahren, zu dem umständliche Rechnungen und zeichnerische Arbeiten nötig sind, den Massenausgleich. Durch ihn werden unnötige Kosten für die sonst erforderliche Gewinnung von Schüttmaterial aus besonderen Entnahmestellen vermieden.

Jeder Eisenbahnentwurf bedarf der staatlichen Genehmigung. Behufs ihrer Erlangung ist ein nach bestimmten Vorschriften bearbeiteter Plan aufzustellen. Hierzu benötigt es der „allgemeinen Vorarbeiten". Nach erfolgter Genehmigung wird die Linie im Gelände genauer abgesteckt und auf Grund der nun auszuführenden „besonderen" oder „ausführlichen Vorarbeiten" ein endgültiger Plan mit allen Einzelheiten ausgearbeitet. Der Unterschied beider Arten von Vorarbeiten ergibt sich ohne weiteres schon aus ihren Beiwörtern. Er ist in den vorstehenden Erörterungen nicht zum besonderen Ausdruck gelangt, da es hier darauf ankam, ein knappes Gesamtbild von den zur Festlegung einer Eisenbahnlinie erforderlichen Hauptarbeiten zu geben.

Eingehende Überlegung verursachen noch diejenigen Bauwerke, deren Herstellung längere Zeit in Anspruch nimmt. Vor ihrer Inangriffnahme wird ein sorgsam durchdachtes Bauprogramm aufgestellt, das ein übersichtliches Bild von den demnächstigen einzelnen Vorgängen geben muß, namentlich noch hinsichtlich ihrer mutmaßlichen Zeitdauer. Nur dann kann ein solcher Bau ordnungsgemäß und sparsam erstellt werden. Da müssen rechtzeitig Arbeiter angeworben und untergebracht werden, Zugangswege für sie und die Fuhrwerke erstellt, Schüttgerüste, Hilfsbrücken u. s. w. angelegt, maschinelle Einrichtungen getroffen und für Beschaffung der Betriebskraft Sorge getragen werden. Kein größeres Bauwerk kann heutigestags der Maschinenthätigkeit entraten. Gewaltige Grabmaschinen bearbeiten die Einschnitte, soweit nicht die Härte des Bodens zu anderen Mitteln zwingt, Bohrmaschinen — durch Preßluft, Druckwasser oder Elektrizität angetrieben — wirken in den Tunneln, Bläser (Ventilatoren) und Sauger (Aspiratoren) sorgen für gute Luft in den letzteren, Mörtel-, Hebe- und Pumpmaschinen u. a. sind an den verschiedenen Baustellen thätig, während Lokomotiven durch Dampf, Druckluft oder Elektrizität bewegt, oder auch Seilbahnen die Materialientransporte übernehmen. Von besonderer Wichtigkeit ist hierbei die Schaffung der Betriebskraft. In den Bergen hat ja meistens die Natur selbst hierfür gesorgt durch Wasserfälle und stark fließende Flußläufe. Der Ingenieur weiß sie nutzbringend in seinen Dienst zu stellen. Er leitet durch Röhren, oft von beträchtlicher Länge, das Wasser auf Turbinen und Wassersäulenmaschinen, setzt die Energie in diesen um in mechanische Arbeit, die ihm Luftkompressoren, Druckpumpen oder Dynamomaschinen antreibt, je nachdem Druckluft, Preßwasser oder Elektrizität Verwendung finden soll.

Digitized by Google

62. Felseinschnitt der Brünigbahn (Schweiz).
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob“ in Zürich.

Digitized by Google

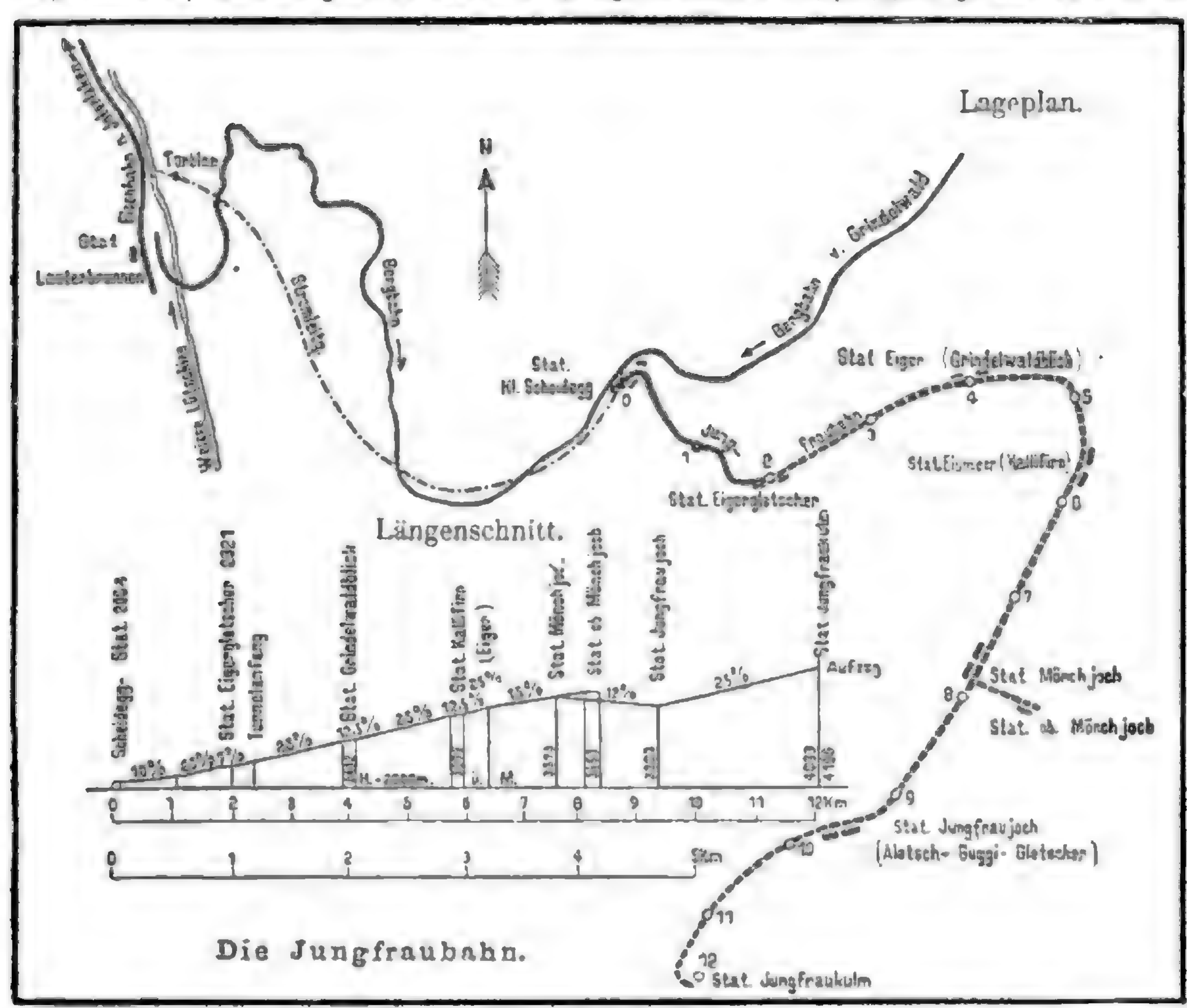
Nach dem bahnbrechenden Gesetz von der Erhaltung der Energie, das der Heilbronner Arzt Robert Mayer 1841 entdeckte, sind ja mechanische Arbeit, Elektrizität, Licht, Wärme, Magnetismus, chemische Energie lediglich verschiedene Formen ein und derselben ursprünglichen Energie, hier in unserem Falle der durch die Sonnenwärme in dem Wasserfalle aufgespeicherten. Auf diesem hochwichtigen Gesetze beruht der wirtschaftliche Segen, den in unserer Zeit der Ingenieur durch Nutzbarmachung der Naturkräfte (Wasser, Wind, Wärme) vermittelst mechanischer und elektrischer Kraftübertragung überall zur Geltung bringt. Am St. Gotthard hatte man (1873—1882) an beiden Mündungsstellen des großen Tunnels umfangreiche Kraftstationen errichtet, in denen das Wasser der Reuß und des Tessin Turbinen antrieb, die ihrerseits Luftkompressoren bewegten zur Erzeugung von Druckluft, die in großen eisernen Behältern angesammelt wurde. Diese trieb die Luftbohrmaschinen im Tunnel, setzte die Lokomotiven der Materialzüge in Bewegung, lüftete die Tunnelstrecken u. s. w. Mit ihnen war je eine Maschinenwerkstätte verbunden für die Ausbesserung von Schäden, Prüfung der Bohrmaschinen u. s. w. Eine große Brücke über die Reuß diente bei Göschenen zur Verbindung mit dem Zufahrtswege. Nach Fertigstellung des Tunnels wurden die beiden Maschinenanlagen mit Zubehör wieder beseitigt.

Am großen Arlbergtunnel hatte man ähnliche ausgedehnte Maschinenanlagen für die Tunnelarbeiten geschaffen, nur wurde auf der einen Seite Druckluft wie am Gotthard, auf der anderen Druckwasser benutzt, um die Bohrmaschinen u. s. w. in Bewegung zu setzen. Auf beiden Seiten des seit Herbst 1898 in Angriff genommenen Simplontunnels sind großartige Maschinenanlagen geschaffen. Ihre Kostspieligkeit erhellt schon aus dem Umstande, daß insgesamt 4400 Pferdestärken durch Turbinen für Beleuchtung, Lüftung, Bohr- und andere Arbeitszwecke nutzbar gemacht werden, wohl das Höchste, das bisher im Tunnelbau geleistet worden ist. Die teils in Beton, teils in Eisen hergestellte Wasserzuleitung aus der Rhône bei Brig und Diveria bei Iselle hat eine Gesamtlänge von 9 km. Bei der jetzt im Bau befindlichen Jungfraubahn, deren offene Zufahrtsstrecke Kleine Scheidegg-Eigergletscher (einschließlich eines 84 m langen Tunnels) am 19. September 1898 feierlich eröffnet wurde, setzt man die in einer Turbinenanlage aus der weißen Lütschine unten im Thal bei Lauterbrunnen gewonnene Energie durch Dynamomaschinen in Elektrizität um, die auch zum Betriebe der Bahn dient. Eine 1350 m lange und 1,8 m weite Röhrenleitung liefert das Druckwasser für die Turbinen, die bis 2650 Pferdestärken nutzbar machen können. Die Turbinen sind mit den Dynamos direkt gekuppelt. Der mit 7000 Volt Spannung erzeugte Drehstrom wird mittels dreier blanker Kupferdrähte nach einer Transformatorstation auf der Kleinen Scheidegg (2064 m über dem Meeresspiegel) geleitet; desgleichen nach einer solchen auf der Station Eigergletscher (2319 m über dem Meeresspiegel). Hier, im Bereich des ewigen Eises, ist eine Maschinenstation mit Werkstätte und Magazinen errichtet, von der aus die elektrischen Bohrmaschinen im Tunnel (früher auch die Pumpe für Druckwasser zum Ausspülen der Bohrlöcher*) und der Ventilator zum Lüften nach den Sprengungen angetrieben und von wo aus auch die Glühlampen im Tunnel und an der

---

*) Bis 1899 standen elektrische Drehbohrmaschinen in Benutzung. Sie arbeiteten geräuschlos und recht zufriedenstellend, waren jedoch zu kostspielig in der Unterhaltung und sind deshalb durch die dauerhafteren Stoßbohrmaschinen der „Union-Gesellschaft Berlin“ ersetzt worden. Diese Maschinen machen 400 Stöße in der Minute, bedürfen keiner Ausspülung ihrer Bohrlöcher, erzeugen aber Lärm, wenn auch schwächer als der der Ferrouxschen Luftdruck-Bohrmaschinen, welche den Gotthardtunnel (S. 128) erbohrt haben. Im Sommer 1899 war der große Jungfrautunnel auf etwa 900 m Länge fahrbar und erfreute sich einer starken Benutzung durch die Reisenden. An seinem oberen Ende liegt die erste Tunnelstation „Rothstock“ auf 2520 m Höhe über dem Meeresspiegel, von der die Rothstockwand bequem zu ersteigen ist. Nahe der Station sind zwei Felskammern für Werkstatt- und Schmiedezwecke ausgesprengt, sowie ein Seitenstollen, um das losgesprengte Tunnelgestein durch ihn in den Abgrund stürzen zu können Die hohe Stromspannung von 7000 Volt wird bei weiterem Vortreiben des Tunnels in Abständen von etwa 1 km auf die für den Zugbetrieb erforderliche Nutzspannung von 600 Volt herabgemindert. Die elektrischen Lokomotiven entwickeln 300 Pferdestärken und vermögen 2 Personenwagen mit 80 Reisenden auf 250‰ bergauf mit etwa 8 km Stundengeschwindigkeit zu befördern. Bis zum Gipfelaufzuge mißt der zu erbohrende Tunnel rund 10 km. Täglich können 3 bis 4 m Tunnellänge hergestellt werden. Die Bauarbeiten erstrecken sich somit noch über eine Reihe von Jahren.

Arbeitsstätte vor Ort gespeist werden (vergl. S. 128). So sehen wir an der Jungfrau die Energie des Gletscherwassers aus dem Thale zurückgeleitet nach der Gletscherhöhe, um hier im Dienste der Menschen nützliche Arbeit zu verrichten. Zur Unterbringung der Arbeiter, deren Zahl sich im Sommer 1898 auf etwa 250 belief, hat man Baracken zwischen der Kleinen Scheidegg und dem Eigergletscher errichtet, desgleichen ein großes Magazin für Lebensmittel, da im Winter alle Zufahrtswege tief verschneit sind, somit aller Transport von den Thälern aus aufhört und nur ein Verkehr auf Schneeschuhen noch möglich ist. In dieser Zeit steht die Hauptbaracke, in der auch die Ingenieure ihre Wohnung haben, durch einen gedeckten Gang mit dem Tunnel in Verbindung. Sommer und Winter muß das Koch- und Nutzwasser aus dem hartgefrorenen Gletscherschnee gewonnen werden.

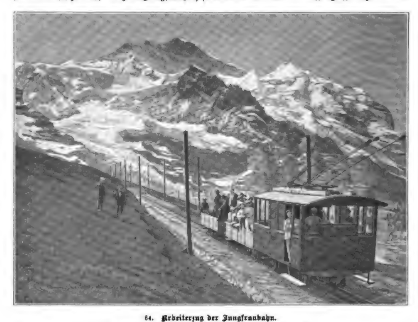


63. Lageplan und Längenschnitt der Jungfraubahn nach dem älteren Entwurfe.
Nach dem „Centralblatt der Bauverwaltung".

Es sind zu dem Zwecke oben am Tunnel sechs Fässer aufgestellt, in welche der mittels Tragkiepen herbeigeschaffte Schnee gefüllt und in denen er durch elektrischen Strom geschmolzen wird.

Abb. 63 zeigt uns die Linienführung dieser von Guyer-Zeller in Zürich kühn erdachten Bahn. Sie soll in starker Steigung (250 ‰ — 1 : 4) durch einen 10 km langen, Eiger, Mönch und Jungfrau durchfahrenden Tunnel bis nahe zum Jungfraugipfel geführt werden. Der Aufstieg zu letzterem (4166 m über dem Meeresspiegel) ist mittels eines senkrechten Aufzuges von 90 m Hubhöhe gedacht. Der Längenschnitt der Abb. 63 zeigt noch den älteren Entwurf. Hiernach sollte das stark von Eis überlagerte Jungfraujoch durch ein Gegengefälle unterfahren werden. Spätere Untersuchungen und Erwägungen haben aber zu einer neuen Linie ohne Knick geführt, die nunmehr in teilweise schwächerer, aber dafür steter Steigung bis zum Fuße des Gipfelaufzuges verlaufen soll. Es ist für den etwa 4 km langen Abschnitt Station „Eismeer (Kalifirn)-Jungfraujoch" eine Steigung

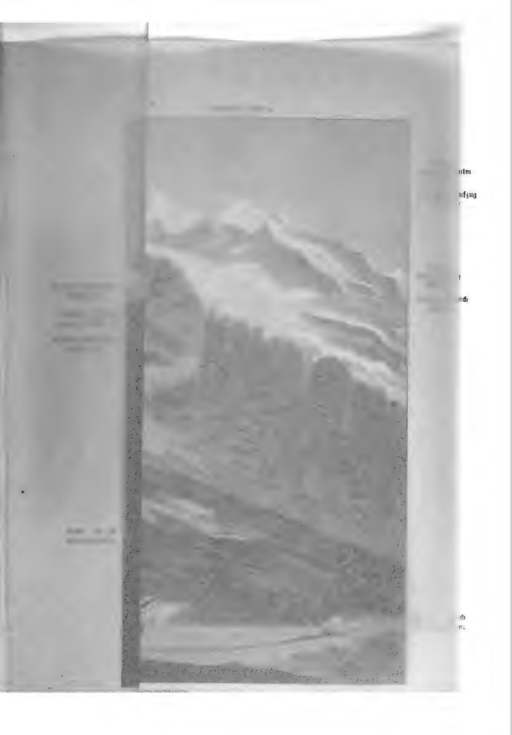
von nur $62\frac{1}{2}$ ‰ vorgesehen. Nunmehr ist die Möglichkeit gegeben, einen Zug beim Versagen des elektrischen Stromes durch seine Schwerkraft zu Thale fahren zu können. Der Seitentunnel von der Station „Mönch" nach der Station „Oberes Mönchjoch" ist in Wegfall gekommen, gleichwie die letztere Station. Auf der Tafel der Jungfraubahn ist diese neue Linienführung berücksichtigt. Das erste Kilometer des großen Tunnels war noch nicht fertiggestellt, als Guyer-Zeller, der den kostspieligen Bau aus seinen Privatmitteln bestritten hatte, im April 1899 plötzlich am Herzschlag verstarb. Seine Erben beabsichtigen, die Bahn durch eine Gesellschaft zunächst bis zur Station Eismeer (Kalifirn), 3160 m über dem Meeresspiegel, fortzuführen und von da aus den 700 m höher gelegenen Eigergipfel durch eine Weganlage bequem zugänglich zu machen und dann die Bahnlinie streckenweise, zunächst bis zum Jungfraujoch (3420 m über dem Meeresspiegel), vorzutreiben.



64. Arbeiterzug der Jungfraubahn.
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob" in Zürich.

Der Tunnel erhält 4,25 m Höhe und 3,6 m Breite. Das großartige, von der ganzen zivilisierten Welt mit lebhaftem Interesse begleitete Unternehmen wird nach seiner Vollendung den Zugang zu der wunderbaren Hochgebirgswelt der Jungfraugruppe mit ihren Riesengletschern, Schneefeldern und unvergleichlichen Ausblicken, vor allem nach Nord und Süd, der wanderlustigen Menschheit ganz wesentlich erleichtern. —

Die höchsten, von Eisenbahnen erstiegenen Wasserscheiden finden sich in Amerika und zwar bei einer ganzen Anzahl von Linien. Während in Europa der höchste Punkt einer Hauptbahn mit 1367 m am Brenner, 1338 m im Mont Cenis, 1311 m im Arlberg und 1154 m im Gotthardtunnel, der einer Schmalspurbahn mit 3018 m am Gornergrat bei Zermatt und demnächst mit 4075 m im Tunnel der Jungfraubahn sich vorfindet, ersteigt in Südamerika die 922 km lange Schmalspurbahn Antofogasta-Oruro vom Meere aus eine Höhe bis 3956 m über dem Meeresspiegel, während die 230 km lange Peruanische Zentralbahn Callao-Oroya im Galeratunnel sogar eine Höhe von 4774 m erreicht, das ist fast die Höhe des Montblanc (4810 m)!



Digitized by Google

In langen Steigungen bis zu 40‰ (1:25) klettert diese Bahn von dem Gestade des Stillen Ozeans aus über Lima und die alte Inkastadt Chosica an den steilen Kordillerenhängen empor, zum Teil in gewaltigen Zickzacklinien (Spitzkehren), um in der Puno-Region bei Oroya zu enden. Falls demnächst wirtschaftlich bessere Zeiten über Peru kommen, wird die Linie vielleicht an dem Ostabhange des Gebirges weiter und in die ungemein fruchtbaren, doch erst wenig angebauten, wasserreichen Thäler dieser Andenseite hinabgeführt werden. Sie würde dann den Anschluß an das Seengebiet des Amazonenstromes finden und so ihren eigentlichen Zweck erfüllen: die auch an Mineralien reichen Ostgefilde Perus der Westküste erschließen und sodann des weiteren auch den Austausch der Verkehrsgüter zwischen dem transatlantischen und dem Großen Ozean ermöglichen helfen. Die zerklüfteten, steilen Gebirgsmassen zwangen nicht nur zu einer kühnen Linienführung, sondern auch zu zahlreichen, oft höchst kostspieligen Kunstbauten. Über 30 Tunnel und ebenso viele Brücken mußten erstellt werden. Es sei hier nur der große Verruga-Viadukt genannt, dessen Ansicht Abb. 65 wiedergibt. Die Bahn gehört in erster Linie zu den gewaltigen und kühnen Werken der Ingenieurkunst, an denen unser Zeitalter so reich ist. Eine andere, nicht minder kühne und hochstrebende Bahn ist die 522 km lange Peruanische Südbahn, die sich bei Portez del Cruzera in dem 1173 m langen Scheiteltunnel auf 4470 m über dem Meeresspiegel erhebt und damit die Alpenbahnen der Alten Welt ebenfalls recht beträchtlich übertrifft. Allerdings ist zu beachten, daß die Schneegrenze in den Kordilleren weit höher liegt (5000 m) als in den Schweizer Alpen (2700—2800 m), was ja den Bau und Betrieb der Bahnen erleichtert. Immerhin aber sind in jenen Ländern und Höhen die klimatischen Verhältnisse doch derart, daß solche Bahnbauten mit ungemein großen Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Sowohl die häufigen, mit gewaltigen Wassermengen niedergehenden Platzregen, durch die vorher trockene oder kleine Wildbäche in reißende Ströme verwandelt werden, als auch die verheerenden Schneestürme sind gar arge Feinde des Bahnbaues, wie nicht minder die ungemein dünne Luft in jenen Höhen und die oft herrschende empfindliche Kälte. In solchen überaus wilden und einsamen Hochgebirgen Eisenbahnen über und durch die Gebirgskämme zu führen und in sicherer Weise anzulegen, geschützt gegen niedergehende Lawinen und Felsstürze, erfordert seitens der bauleitenden Ingenieure besondere Sachkenntnis, Ausdauer, eisernen Willen und stellt sie würdig in die Reihe derer, die in so genialer und zweckdienlicher Weise die europäischen Alpenbahnen erdacht und erbaut und dadurch dem Handel und Verkehr neue Wege erschlossen haben.

Bergkrankheit. Auf Hochgebirgsbahnen tritt in etwa 4000 m Höhe häufig die bekannte „Bergkrankheit" auf. Nach einem Berichte des „Engineering" 1894 äußert sich die dünne Höhenluft auf dem letzten Teile der Fahrt von Lima nach Oroya höchst nachteilig auf viele Reisende. Die ganze Fahrdauer beträgt 11 Stunden. Die Reisenden durchkosten also in kurzer Zeit alle Übergänge vom heißen Küstenklima Limas bis zum kalten Höhenklima. Die sehr dünne Luft verursacht bei zahlreichen Fahrgästen die Bergkrankheit, dort Soroche genannt. Ihre Begleiterscheinungen sind Atemnot, starkes Herzklopfen, Ohrensausen und Mattigkeit in den Gliedern, die sich oftmals bis zu Ohnmachten steigert; häufig treten sogar Blutungen aus Mund, Nase und Ohren ein. Nach Ankunft eines Zuges in Oroya gleicht das Hotel daselbst recht oft „einem Krankenhause", in welchem die Klagelaute der an der Soroche Erkrankten während der ganzen Nacht ertönen. Als Linderungsmittel werden in Oroya Nasenumschläge aus gekochtem Knoblauch, sowie gleichzeitiges Einnehmen des Abgusses hiervon empfohlen. Das Mittel soll aber ebenso scheußlich sein, wie der ganze Krankheitszustand selbst. Viele Reisende bringen von Oroya statt der Erinnerung an den Genuß der erhofften Hochgebirgswunder eine solche an die „unangenehmsten Stunden ihres Daseins" zurück. Sobald tiefere Geländelagen erreicht sind, verschwindet das Leiden, das wiederum nicht so leicht eintritt, wenn der Reisende die Fahrt an einer in mittlerer Höhe gelegenen Station vor Oroya einige Tage unterbricht, um seinen Körper hier an die verdünnte Luft zu gewöhnen und die Lungen- und Herzthätigkeit ihr anzupassen. Die Bahnbeamten bleiben infolge ihrer Gewöhnung von ihr verschont. Auch der Genuß ungekochten Wassers soll in jenen Höhen nach obiger Quelle äußerst schädlich sein.

Ähnliche Krankheitserscheinungen treten bekanntermaßen auf der wegen ihrer herrlichen Aussichten viel befahrenen Manitou and Pikes Peak-Zahnbahn in Colorado auf. Die Fahrt von dem 2000 m über dem Meeresspiegel gelegenen Manitou nach dem 4330 m hohen Gipfel währt nur $1^1/_2$ Stunden, so daß der Übergang zur dünnen Höhenluft noch erheblich schneller erfolgt als auf der Oroyabahn. Infolgedessen gehören Ohnmachtsanfälle auf dem Pikes Peak nicht zu den Seltenheiten und haben zahlreiche Touristen hier unter der Bergkrankheit zu leiden.

Es dürfte hiernach auch nicht unwahrscheinlich sein, daß, wenn dereinst der Gipfel der Jungfrau durch Zahnstange und Aufzug der Allgemeinheit zugänglich gemacht werden sollte, mindestens schwächliche Personen auf ihm unter den geschilderten Krankheitserscheinungen zu leiden haben werden. In dem Guyer-Zellerschen Entwurfe ist für das Durchfahren des großen Jungfrautunnels eine Fahrzeit von etwa $1^1/_3$ Stunden vorgesehen, eine wohl zu kurze Zeit, um in ihr den Körper dem stark verminderten Luftdruck anpassen zu können. —

Bewegungswiderstände. Wie wir oben sahen, kommt es bei einer Bahn wesentlich auf die richtige Wahl ihrer Steigungsverhältnisse an, da hiervon Anlage- und Betriebskosten, also die Wirtschaftlichkeit des Betriebes stark beeinflußt werden und die Leistungsfähigkeit der Bahn, ihre Betriebsart und ihr Charakter abhängen. Um diesen hochwichtigen Punkt klar zu legen, bedarf es einer kurzen technischen Erörterung der Grundlage unseres Eisenbahnwesens, der Feststellung des zur Beförderung der Fahrzeuge nötigen Aufwandes an Kraft. Aus ihr wird man dann auch unschwer die wirtschaftliche Überlegenheit der Eisenbahnen über andere feste Transportstraßen erkennen, sowie die Bedingungen ersehen, die die Anlage einer gewöhnlichen Schienenbahn mit glatten Schienen — Adhäsions- oder Reibungsbahn genannt — gestatten oder aber den Bau einer Zahnbahn oder gar Seilbahn notwendig machen. Wir müssen hierbei die Fahrzeuge in unsere Betrachtung einbeziehen, da Fahrbahn und Fahrzeug in Wechselwirkung zu einander stehen und zusammen untersucht werden müssen, wenn es sich um Feststellung der Kraftverhältnisse beim Befördern der Fahrzeuge handelt.

Zur Bewegung von Fahrzeugen ist eine Kraft nötig, die deren Widerstand überwindet. Dieser besteht bei Windstille oder mäßig bewegter Luft und langsamer Fahrt auf gerader, wagerechter Strecke aus der rollenden Reibung zwischen Radumfang und Fahrbahn (= Rollwiderstand) und der gleitenden Reibung der Radachsen in ihren Lagern (= Zapfenreibung). Rollwiderstand und Zapfenreibung bilden den Eigenwiderstand eines Fahrzeuges. Er hängt ab sowohl von der Beschaffenheit der Bahn, wie von der des Fahrzeuges und ist um so kleiner, je ebener und härter die Fahrbahn ist, je größer die Räder und je glatter und besser geschmiert die Achs- oder Radzapfen sind. Man kann ihn für mittlere Verhältnisse als Bruchteil vom Gesamtgewichte des Fahrzeuges und dessen Belastung ausdrücken. Diese Bruchzahl heißt der Widerstandskoeffizient. Bezeichnet man letzteren mit f, und wiegt das Fahrzeug mit seiner Last Q Kilogramm, so ist allgemein der Zugwiderstand oder die zum Fortbewegen des Wagens erforderliche Kraft P in Kilogrammen: $P = f \times Q$. Je kleiner hiernach f ist, eine desto größere Last Q kann durch dieselbe Zugkraft P befördert werden. f fällt für die verschiedenen Fahrbahnen und deren Beschaffenheit sehr ungleich aus. Man kann bei Wagen im allgemeinen als Durchschnittswert von f rechnen für:

schlechte Erdwege		$^1/_8$
mittelgute		$^1/_{10}$
gute		$^1/_{20}$
makadamisierte Landstraßen		$^1/_{40}$—$^1/_{50}$
Asphaltbahn		$^1/_{50}$—$^1/_{60}$
gutes Steinpflaster		$^1/_{60}$—$^1/_{75}$
Straßenbahnen	Pferde-	$^1/_{150}$—$^1/_{250}$
	elektrische	$^1/_{125}$—$^1/_{200}$
Eisenbahnen		$^1/_{450}$—$^1/_{550}$

Auf gutem Steinpflaster läßt sich hiernach mit derselben Zugkraft etwa das dreifache befördern, wie auf guten Erdwegen, auf Pferdebahnen das zehn- bis zwölffache und auf Eisenbahnen gar das 25fache. Diese Zahlen verdeutlichen so recht den Fortschritt, der im Laufe der Zeiten im Verkehrswesen gemacht ist. Sie begründen überzeugend die in der Einleitung geschilderte Thatsache, daß man in Deutschland, Österreich und England schon frühzeitig für den Kohlentransport die Eisenspur mit Pferdebetrieb wählte und sie Anfang des 19. Jahrhunderts auch auf die Güter- und dann auf die Personenbeförderung ausdehnte. Sie zeigen ferner schlagend die Überlegenheit der heutigen Eisenbahnen über alle cnderen Fahrbahnen.

Das Gelände läßt aber nur selten gerade Gleisstrecken zu. Die notwendig werdenden Gleiskrümmungen zwingen die Fahrzeuge zu einer stetigen Richtungsänderung, setzen ihrer Bewegung also ebenfalls Widerstand entgegen. Dieser „Kurvenwiderstand" ist naturgemäß um so größer, je schärfer die Gleise gekrümmt und je länger die Fahrzeuge gebaut sind, je weniger Sorgfalt ferner auf eine gewisse Beweglichkeit der Radachsen gelegt ist. Gleisbögen von etwa 1200 m Krümmungshalbmesser aufwärts sind jedoch schon so flach, daß sie kaum noch einen nennenswerten Widerstand erzeugen. Im Flachlande kann man den Halbmesser erheblich größer wählen als im Gebirge, wo man durch die anzufahrenden Gesteinsmassen der Bergfalten und Thalkrümmungen oft recht beengt ist. Im allgemeinen nimmt man ihn bei Hauptbahnen

im Flachlande nicht gern unter 1000 m
„ Hügellande „ „ „ 600 „
„ Gebirge „ „ „ 300 „

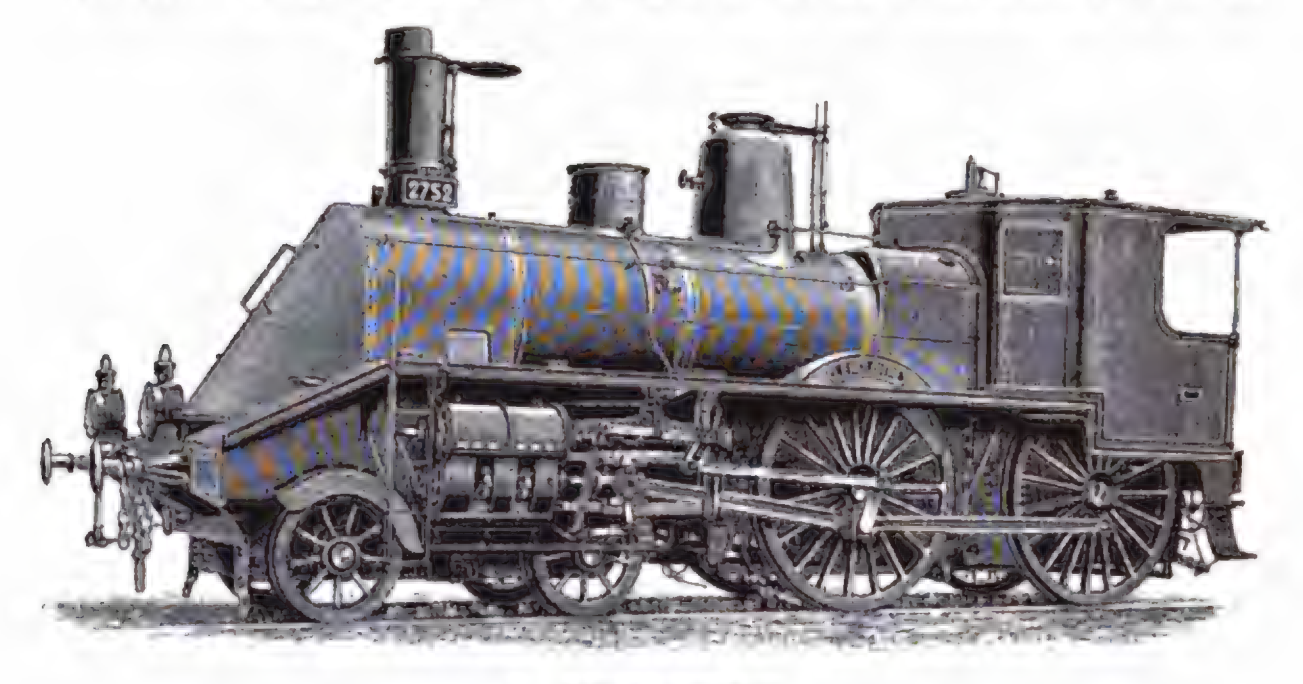
Mitunter ist man gezwungen, ihn wesentlich kleiner als 300 m zu nehmen (vergl. Abschnitt „Oberbau"). Die englischen Bahnen weisen durchschnittlich auf freier Bahn, d. h. außerhalb

65. Strecke der Peruanischen Zentralbahn: Der Verruga-Viadukt zwischen Lima und Oroya.

Digitized by Google

der Stationen, flachere Gleisbögen auf, als die anderen Länder. Amerika steht hier an letzter Stelle. Bei Neben- und Kleinbahnen kann man — je nach Spurweite und Zweck der Linie — mehr oder weniger kleine Gleisbögen zulassen.

Ein besonderer Feind des Eisenbahnbetriebes ist heftiger Wind. Weht solcher der Fahrrichtung des Zuges entgegen oder von der Seite, so erwächst dem Zuge ein neuer Widerstand, der sogenannte Luftwiderstand. Dieser tritt auch stets auf, wenn die Fahrzeuge mit größerer Geschwindigkeit fortbewegt werden. Beispielsweise ist auf gerader, wagerechter Gleisstrecke und bei mäßig bewegter Luft der Widerstand eines mit etwa 10 km Stundengeschwindigkeit fahrenden Wagens $^1/_{530}$ seines Gewichtes; der Luftwiderstand ist hierbei winzig klein. Wird derselbe Wagen aber unter sonst gleichen Verhältnissen mit 90 km in der Stunde gefahren, so ist nach neueren Versuchen dazu eine Zugkraft von etwa $^1/_{130}$ seines Gewichtes erforderlich. Die letztere ist also allein durch den Luftwiderstand beinahe vervierfacht! Der Widerstand fahrender Lokomotiven ist infolge ihrer Bauart und der großen dem Luftdruck ausgesetzten Fläche wesentlich höher, als derjenige der Wagen. Er beträgt auf gerader, wagerechter Strecke bei mäßiger Geschwindigkeit (bis etwa 10 km in der Stunde) und Windstille rund $^1/_{300}$ des Lokomotivgewichtes, wächst schnell mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit und beträgt bei 90 km Fahrt in der Stunde ungefähr $^1/_{75}$, das ist das vierfache des ersteren Wertes und schon so viel, wie der Widerstand eines gleichschweren Wagens, der auf gepflasterter Straße sich bewegt! Dieser große Einfluß des Luftwiderstandes ist bei den



66. Schnabellokomotive.

jetzigen großen Fahrgeschwindigkeiten — in Deutschland bis zu 90 km, in England und Amerika bis zu 110 km und mehr — gegen früher um so empfindlicher geworden. Der französische Ingenieur Ricour stellte hierüber Ende der achtziger Jahre besondere Versuche an. Er fand nach Anbringung einer Schnabelvorrichtung an der Vorderseite der Lokomotive (zwecks leichteren Durchschneidens der Luft) den Widerstand merklich gemindert, was sich in Kohlenersparnissen sichtbar ausdrückte und auch durch „Schnabellokomotiven" anderer Länder bestätigt wurde. In Frankreich sind zur Zeit auf der Staatsbahn die neueren Schnellzuglokomotiven nach Abb. 66 allgemein mit solchem Schnabel vor der Rauchkammer und dem Führerhause ausgerüstet, desgleichen auf der Nordbahn. Das schnelle Anwachsen des Laufwiderstandes der Eisenbahnfahrzeuge mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit (bis 90 km in der Stunde) veranschaulicht Abb. 67 in sehr übersichtlicher Weise. Die Kurve L gilt für Lokomotiven, W_1 für zweiachsige Wagen, W_2 für Drehgestellwagen. Für letztere fällt er am kleinsten aus, was durch die bessere Lagerung und Schmierung der Radachsen, sowie durch die lange und schwere Bauart dieser Wagen bedingt wird. Beispielsweise ergibt sich nach Abb. 67 für jede Tonne (= 1000 kg) Eigengewicht einschließlich Nutzlast bei 45 km Fahrgeschwindigkeit in der Stunde der Laufwiderstand für

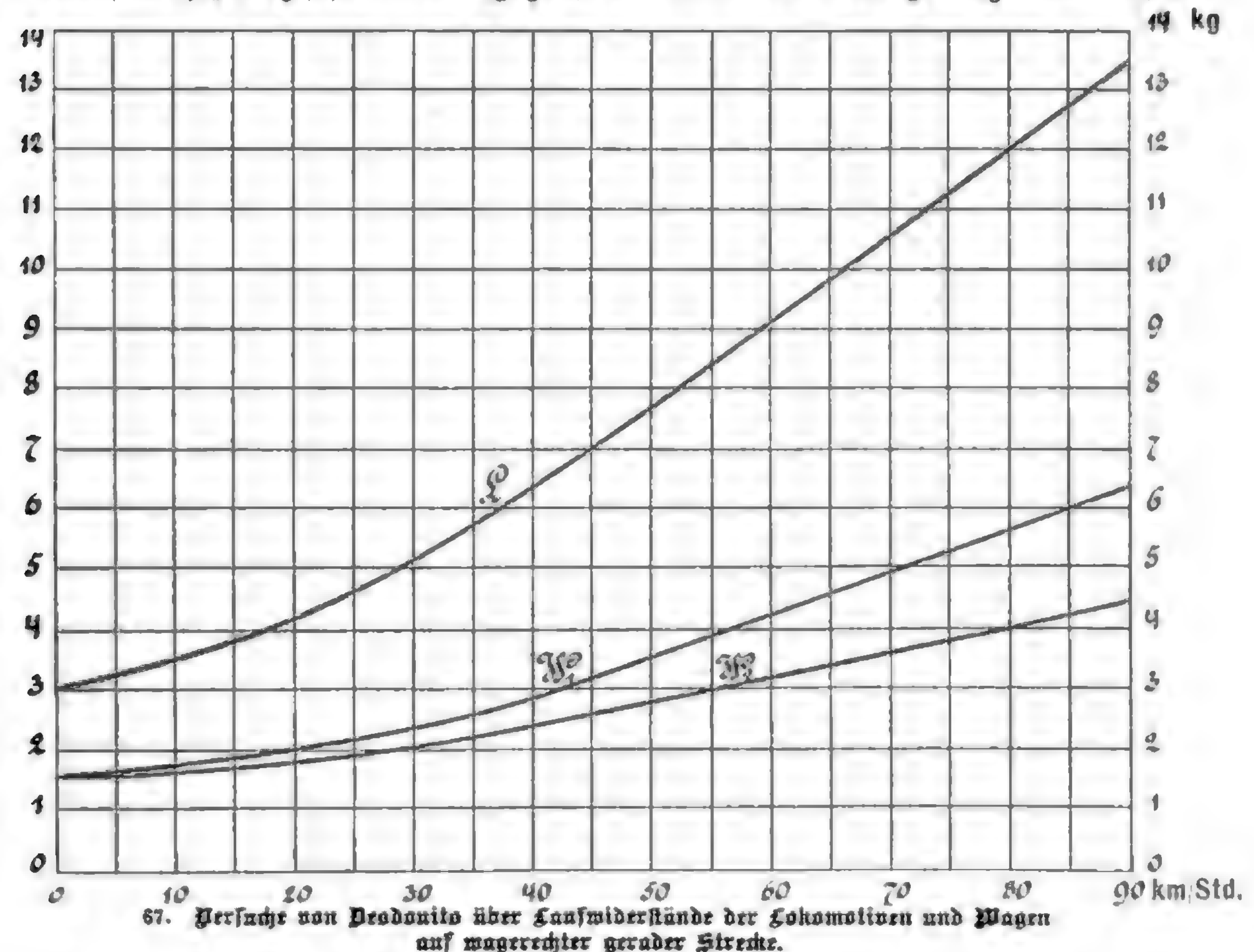
Lokomotiven	7 kg
zweiachsige Wagen	3,2 kg
Drehgestellwagen	2,6 kg.

Die Werte der Abb. 67 legt der Eisenbahn-Ingenieur seinen Berechnungen zu Grunde.

Man kann den bei Windstille oder mäßig bewegter Luft auftretenden Luftwiderstand fahrender Lokomotiven auch nach der im Seewesen allgemein maßgebenden Beaufortschen Windskala

berechnen, indem man die gesamte Druckfläche der Lokomotive mit dem der sekundlichen Fahrgeschwindigkeit (= Windgeschwindigkeit jener Skala) entsprechenden Winddruck mal nimmt.

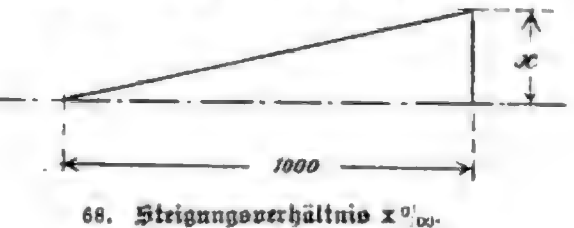
Als letzter, auf Bergstrecken auch gewichtigster Widerstand ist der auf Steigungen auftretende zu nennen; er wird durch die Schwerkraft hervorgerufen. Bezieht man die Steigung der Bahn nach Abb. 68 auf 1000 m Horizontallänge und drückt sie durch einen echten Bruch des Nenners 1000 aus, z. B. $\frac{x}{1000}$, so gibt nach einem Gesetze der Mechanik der Zähler x die Größe des Widerstandes an, den die Hebung von je einer Tonne (1000 kg) Wagenlast auf dieser Strecke verursacht. Statt $\frac{x}{1000}$ pflegt man gewöhnlich x °/₀₀ zu schreiben. Soll z. B. ein Wagen von 20 t = 20000 kg Gesamtgewicht über eine Steigung von 10 °/₀₀ (1 : 100) gezogen werden, so ist nur zu seinem Heben — vom Lauf- oder Eigenwiderstand jetzt abgesehen — eine Zugkraft von 10 × 20 = 200 kg nötig. Soll derselbe



67. Versuche von Desdouits über Laufwiderstände der Lokomotiven und Wagen auf wagerechter gerader Strecke.

Wagen über eine Steigung von 250 °/₀₀ (1 : 4) gebracht werden, so bedingt das eine Zugkraft von 250 × 20 = 5000 kg (nur für das Heben!) ohne Berücksichtigung des Eigenwiderstandes. Aus diesem erheblichen Einfluß der Steigungen auf die Größe der Zugwiderstände folgt ohne weiteres, daß eine Lokomotive, welche im Flachlande lange Züge mit gewisser Geschwindigkeit befördert, über steile Gebirgsstrecken nur wenige Wagen mit gleicher Geschwindigkeit zu ziehen vermag. Bei einer bestimmten Steigung kann sie keinerlei Nutzlast mehr befördern, sondern nur noch sich selbst, darüber hinaus hört auch letzteres auf. So vermag beispielsweise die 38500 kg schwere, dreiachsige Güterzuglokomotive der preußischen Staatsbahnen bei 15 km Geschwindigkeit in der Stunde folgende Wagenlasten in Tonnen (= je 1000 kg) zu befördern:

Auf wagerechter Strecke	. . . . .	2800 t
Auf der Steigung	2 °/₀₀ = 1 : 500 .	1380 „
„ „ „	10 °/₀₀ = 1 : 100 .	. 415 „
„ „ „	25 °/₀₀ = 1 : 40 .	. 148 „
„ „ „	84 °/₀₀ = 1 : 12 .	. 0 „



68. Steigungsverhältnis x °/₀₀.

Auf einer Rampe von 1 : 12 Steigung ist die Lokomotive also nur noch imstande, sich selbst und ihren etwa 28½ t schweren Tender hinaufzufahren. Vorstehende Werte vermindern sich noch mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit und auf kurvenreichen Gleisabschnitten. Bei 45 km

Geschwindigkeit ergibt sich z. B. auf der Steigung von 10‰ und einer Bahn nach Art der Abb. 86 (Krümmungswiderstand = rund 2 kg für jede Tonne Zuggewicht) eine Wagenlast von 300 t. Starke Steigungen sind somit für den Eisenbahnbetrieb höchst nachteilig. Sie verlangen besonders leistungsfähige Lokomotiven, deren Brennstoffverbrauch im Verhältnis zur geförderten Transportmenge groß ausfällt. Zudem können die Züge im allgemeinen doch nicht so lang sein wie auf schwach geneigten Linien und können nicht mit gleicher Geschwindigkeit gefahren werden. Zum Befördern bestimmter Güter- und Truppenmassen sind sonach mehr Züge zu fahren, was die Betriebskosten erhöht und ausgedehntere Anlagen für das Unterbringen und die Ausbesserung der Lokomotiven notwendig macht. Diesen Nachteilen starker Steigung steht allerdings der Vorteil gegenüber, daß durch sie die Linie verkürzt wird.

Bei Wahl einer schwächeren Steigung sinken die Betriebskosten, aber die Anlagekosten werden infolge der größeren Länge höher. Die zweckmäßigste Steigung nun ausfindig zu machen, ist eine Hauptaufgabe der Vorarbeiten. Es genüge hier anzuführen, daß im allgemeinen bei Bahnen mit starkem Verkehr mehr auf Ermäßigung der unmittelbaren Betriebskosten als des Anlagekapitals zu halten ist, während Bahnen mit schwachem Verkehr nur geringe Anlagekosten vertragen, dagegen wohl etwas höhere unmittelbare Betriebskosten.

Je nach der Bedeutung der Bahn für den Verkehr und die Landesverteidigung (S. 120), sowie je nach den klimatischen Verhältnissen wird man zweckmäßig eine gewisse Steigungsgrenze nicht überschreiten. Sie liegt für die großen verkehrsreichen Hauptlinien bei 25‰ bis allenfalls 30‰ (1:40 bis 1:33). So hat z. B. die Brennerbahn bis 25‰, die Gotthardbahn bis 27‰, die Neuenburger Jurabahn bis 27‰, die Arlbergbahn gar bis 30‰, die Northern Pacificbahn im Felsengebirge und in der Sierra Nevada bis 22‰ Steigung.

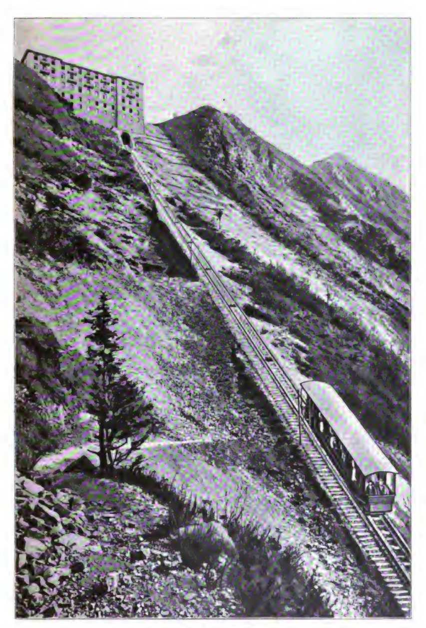
Bei den Nebenbahnen und Linien mit schwachem Verkehr geht man in der Regel nicht über 40‰ (1:25). Ausnahmen kommen natürlich auch hier mehrfach vor. Es zeigen unter anderen die Gebirgsbahnen in Colorado bis 40‰, die Lima-Oroyabahn bis 40‰, die Yverdon-St. Croix Bahn in der Westschweiz bis 44‰, die Strecke Landquart-Davos bis 45‰, die Strecke Wädenswil-Einsiedeln (Schweizer Südostbahn) bis 50‰ Steigung.

Bei reinen Touristenbahnen hat man in einem Falle sogar 70‰ (1:14) zugelassen. Es ist dies die Ütlibergbahn bei Zürich, hier handelt es sich aber auch nur um leichte Züge, die mit geringer Geschwindigkeit gefahren werden. Auch auf einer dem Minenverkehr dienenden Gebirgsstrecke in Colorado, der Calumetabzweigung, kommt diese Steigung von 70‰ vor. Die höchsten Steigungswerte für Reibungsbahnen finden sich bei elektrischen Straßenbahnen mit 106‰ in Remscheid, 109‰ in Zürich und 116‰ in Lausanne. Es sind dies aber nur kurze Strecken.

Will man für längere Strecken bezw. größere Lasten stärkere Steigungen als vielleicht 50‰ zulassen, so muß man von den Adhäsions- oder Reibungsbahnen Abstand nehmen und für die Fahrzeuge einen künstlichen Stützpunkt durch eine Zahnstange oder ein Drahtseil schaffen. Im ersteren Falle liegt eine Zahnstange mit aufrechtstehenden oder liegenden Zähnen inmitten des Gleises. Von der Lokomotive angetriebene Zahnräder wälzen sich in ihr ab und ziehen dadurch den ganzen Zug hoch bezw. sichern ihm die Thalfahrt.

Es werden mittels der Zahnbahn, auch Zahnstangen- oder Zahnradbahn genannt, Rampen bis 480‰ = rund 1:2 erstiegen. Die Fahrgeschwindigkeit ist allerdings nur gering. Näheres vergl. am Schlusse dieses Abschnittes.

Hängt man die Fahrzeuge an ein Drahtseil, das durch eine Kraftmaschine oder durch die Schwerkraft eines Übergewichts bewegt wird, so lassen sich noch größere Steigungen überwinden. Es fällt hier im Gegensatze zu den Lokomotivbahnen die sehr erhebliche Arbeit fort, die für das Heben der Lokomotive selbst notwendig ist. Man ist jetzt bei längeren Steigungen bis zu 620‰ = 1:1,6 gegangen, wie bei der Stanserhornbahn und der Grütschalpbahn bei Lauterbrunnen. Abb. 69 zeigt einen solch steilen Bahnabschnitt. Für kürzere Strecken hat man noch größere Steigungen zugelassen, so z. B. auf der 1897 erbauten Seilbahn Pilar-Bahia 780‰ = 1:1,3. Die Fahrgeschwindigkeit und die tote Last sind klein, um nicht zu schwere Drahtseile und zu große Triebkräfte zu erhalten. Die Leistungsfähigkeit der Seilbahnen ist daher eine beschränkte. Näheres vergl. im Abschnitt „Seilbahnen“.

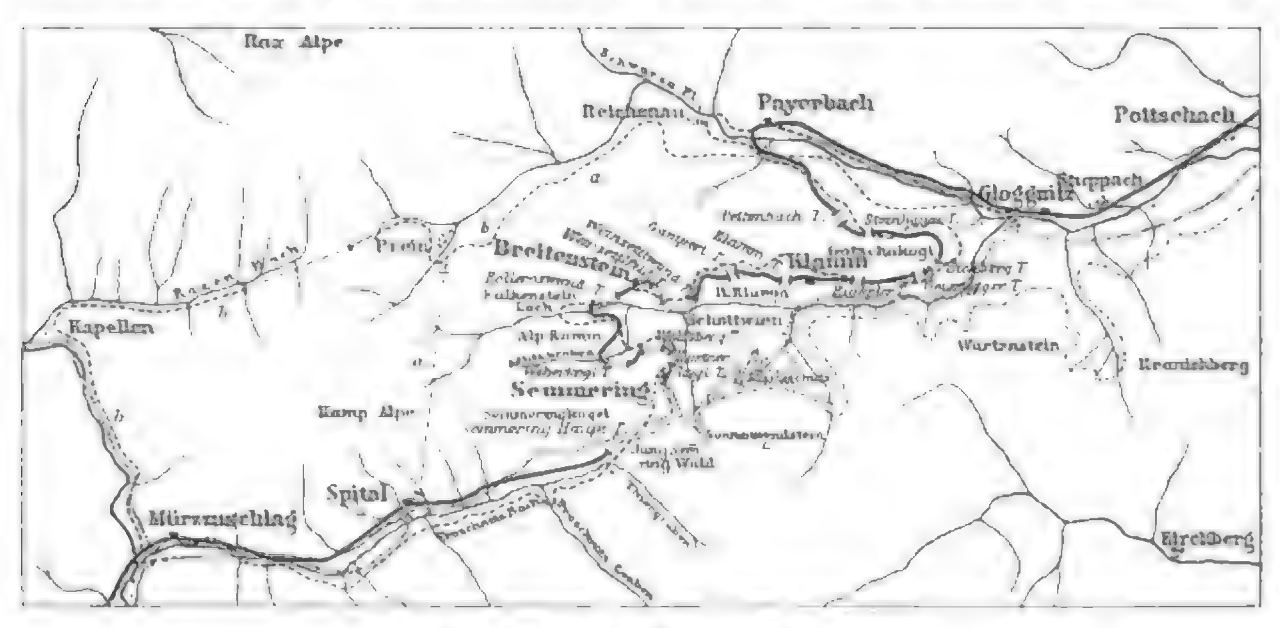


69. Die Stanserhornbahn (Schweiz).
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob“ in Zürich.

Digitized by Google

Linienführung.

Oftmals ist nun die Geländebildung derart, daß man die Bahnlinie nicht mit der zweckmäßigsten oder „maßgebenden“ Steigung auf thunlichst direktem Wege hindurchlegen kann. Das natürliche Gefälle des zu durchfahrenden Thales oder Passes kann so stark sein, daß die bergaufwärts geführte Bahn bald in die Sohle einschneiden würde und dann im Tunnel weitergeleitet werden müßte, was meistens nicht angängig ist. Auch kann der Fall vorliegen, daß ein Gebirgsstock vorgelagert ist und durchtunnelt werden muß, die Bahn ihn aber mit der maßgebenden Steigung noch so tief trifft, daß der Tunnel viel zu lang und zu teuer ausfallen würde. Man muß dann danach trachten, die Bahn in höherer Lage an den Thalhängen hinzuleiten, so daß der Gebirgszug an einer wesentlich schmaleren Stelle angeschnitten wird. Freilich darf anderseits wiederum die Bahnlinie auch nicht zu hoch über der ganzen Thalsohle sich hinziehen; denn unten liegen die Ortschaften, die bequemen Zugang zu den Stationen haben müssen. Beide widerstreitende Forderungen sind miteinander zweckmäßig in Einklang zu bringen. Man sucht in solchem Falle der Bahn an geeigneten Stellen durch Ablenkung vom direkten Wege absichtlich



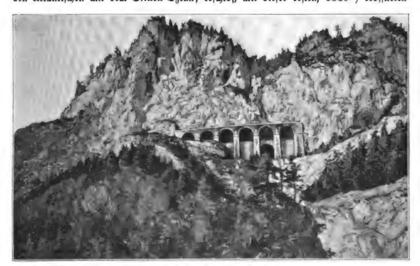
70. Lageplan der Semmeringbahn.

eine größere Länge zu geben, damit sie dadurch — ohne Erhöhung des Steigungsverhältnisses — die gewünschte Höhenlage erlangt. Man nennt dieses Verfahren: die künstliche Entwickelung der Linie. Hierfür haben sich nach und nach mehrere Weisen ausgebildet, die wegen ihrer sinnreich erdachten Art verdienen, kurz erörtert zu werden.

Das älteste Mittel zur Höhengewinnung ist das des Ausfahrens von Seitenthälern. Schließen solche an das von der Bahn durchzogene, stark ansteigende Hauptthal an, so wird jene an der Lehne eines derselben entlang geführt, übersetzt dann mittels einer Brücke das Nebenthal und kehrt an dem gegenüberliegenden Hange in das Hauptthal zurück und zwar in wesentlich höherer Lage als vorher beim Verlassen desselben. In dieser Weise sind namentlich die beiden ersten Alpenbahnen, die über den Semmering und über den Brenner, durchgeführt worden.

Die Semmeringbahn wurde 1848—1854 unter Ghegas Leitung erbaut. Überaus reich an landschaftlich hervorragenden Bildern und Naturreizen, gehört diese im Zuge der Wien-Triester Linie liegende älteste Gebirgsbahn nicht nur zu den schönsten Bahnen, sondern auch zu den denkwürdigsten. Sie bildet einen bedeutungsvollen Merkstein in der Entwickelung der Eisenbahnen. Ihr Bau — noch heute bewundert — hat seiner Zeit völlig neue Gesichtspunkte eingeführt. Er hat gezeigt, daß sich Hauptbahnen mit langen Steigungen von 25‰ (1:40) und scharfen Krümmungen durchführen lassen, wenn genügend leistungsfähige und für das Durchfahren der Gleisbögen geeignete Loko-

motiven zur Verfügung stehen. Diese fehlten aber bis 1850, weshalb auch die Überschienung des Semmerings von vielen angezweifelt, von anderen nur mittels einer Seilbahn oder gar einer atmosphärischen Eisenbahn für möglich gehalten wurde. v. Ghega drang aber schließlich mit seinem Entwurf einer Reibungsbahn durch. Die österreichische Regierung erließ 1850 ein Preisausschreiben auf die Herstellung der für den Betrieb der Semmeringbahn geeignetsten Lokomotive. Die hierdurch hervorgerufenen neuartigen Bauarten führten nicht nur zu brauchbaren Gebirgslokomotiven, sondern wirkten auch befruchtend auf die Ausbildung der Lokomotiven für Flachlandbahnen zurück (vergl. Abschnitt „Lokomotiven"). Anderseits hatte man auch erkannt, wie Alpenbahnen anzulegen waren. Zehn Jahre später (1864—1867) folgte die zweite Gebirgsbahn, die über den Brenner. Zu gleicher Zeit überschiente man in Nordamerika das Felsengebirge und die Sierra Nevada und verband so unter Aufwendung großer Kapitalien und vieler Arbeit den Atlantischen mit dem Stillen Ozean, erschloß mit dieser ersten, 1869*) eröffneten



71. **Die Weinzettlwand (Semmeringbahn).** Nach einer Aufnahme von Würthle & Co. in Salzburg.

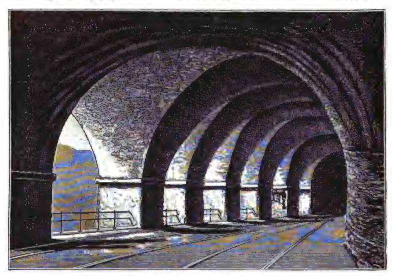
Pacificbahn (Zentral Pacific) der Kultur und dem Weltverkehr weite Gebiete. Ihr folgten später die anderen bekannten Überlandbahnen der Neuen Welt, die Northern, die Southern, die Canadian Pacificbahn u. s. w., die wie die erstgenannte Linie sich alle durch eine hochinteressante Linienentwickelung in den Gebirgsstrecken auszeichnen. Es sei hier nur an die berühmte Horseshoekurve erinnert, in welcher zwischen Altoona und Gallitzin die Schluchtenhänge des Alleghanygebirges kurz vor dessen Scheiteltunnel übersetzt werden. Die Kurve hat Hufeisenform und ruht zum Teil auf hohen Dämmen; die Steigung beträgt 18‰.

Die Semmeringbahn schmiegt sich thunlichst den Berglehnen an, infolgedessen sie auch zur Hälfte in Krümmungen — von oftmals kleinem Halbmesser (190 m) — liegt, was freilich die Fahrt infolge der fortwährend wechselnden Ausblicke in die Thäler und Schluchten, auf die Bergkuppen und Gipfel sehr lohnend macht. Die künstliche Linien-

*) Die letzte Schiene dieser großen, die Sierra Nevada in 2140 m Höhe überschreitenden Bahn wurde unter besonderer Feierlichkeit am 10. Mai 1869 mit goldenem Nagel auf einer Schwelle von Zedernholz befestigt. Für Nordamerika war diese Überlandbahn von hervorragender Bedeutung. In vier Tagen durcheilt jetzt das Dampfroß diese über 5000 km lange Bahnstrecke (New York-San Francisco).

Digitized by Google

entwickelung durch Ausfahren von Seitenthälern ist hier, wie das Kärtchen der Abb. 70*) zeigt, wiederholt zur Anwendung gebracht. So wird z. B. das liebliche Schwarzathal durchzogen und mittels des auf 13 Steinbogen ruhenden, 228 m langen Payerbach-Viaduktes übersetzt. Die Linie gewinnt durch diese Seitenabschwenkung zwischen den in der Luftlinie nahe benachbarten Stationen Gloggnitz und Eichberg 171 m Höhe. Die Wasserscheide des Semmerings überschreitet die Bahn zwecks Vermeidung des noch 87 m höher gelegenen Paßscheitels in einem 1430 m langen Tunnel, dessen Scheitelpunkt 896 m über dem Meeresspiegel liegt. Trotz dieser verhältnismäßig geringen Meereshöhe sind die klimatischen Verhältnisse doch derart, daß, um das Vereisen des Tunnels zu verhüten, dieser im Winter an beiden Mündungen durch Thore geschlossen gehalten und durch einige Öfen geheizt werden muß. Die Thore werden nur bei Durchfahrt der



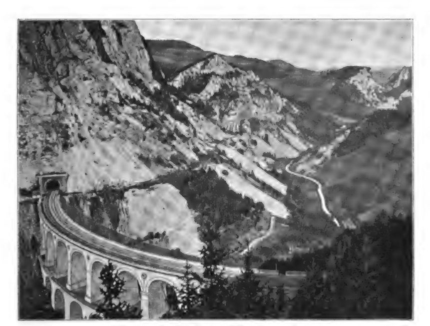
72. Galerie der Weinzettlwand (Semmeringbahn).

Züge geöffnet. An Kunstbauten besitzt die nur 42 km lange Linie zwischen Gloggnitz und Mürzzuschlag 15 Tunnel mit 4500 m Gesamtlänge und 135 **Brücken**, darunter 16 Thalbrücken, die, zumeist auch in scharfen Krümmungen liegend, stattliche Bauwerke darstellen.

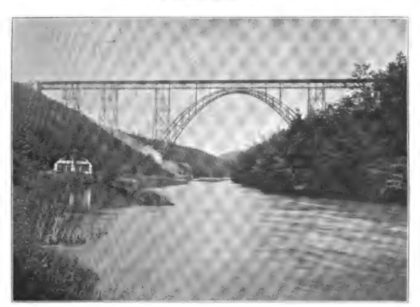
Eine der schwierigsten Baustellen war die an der steil abfallenden etwa 300 m hohen Weinzettlwand (Abb. 71). Es folgen sich hier drei Tunnel in kurzem Abstande, die durch zwei gemauerte, mit Seitenöffnungen versehene Galerien nach Abb. 72 verbunden sind. Diese hochinteressante, 695 m lange Strecke liegt teils in der Geraden, teils in einem Bogen von 190 m Halbmesser. Unter den Viadukten ist der über die Kalte Rinne der hervorragendste. Inmitten einer großartigen Gebirgswelt errichtet, ist er technisch dadurch bemerkenswert, daß er bei 184 m Länge gänzlich in einer Krümmung von nur 190 m Halbmesser und mit einer Steigung der Fahrbahn von 25‰ erstellt wurde. Er besteht aus zwei, zusammen 46 m hohen Stockwerken, von denen das untere mit fünf Bogen

*) Der Lageplan enthält auch in punktierten Linien alle die anderen in damaliger Zeit aufgestellten Vorschläge zu einer Reibungsbahn über den Semmering. So war eine Nordlinie (b, b) von Payerbach über Prein am Raxenbach entlang geplant, während ein anderer Entwurf (a, a) einen 6000 m langen Tunnel zwischen Prein und Spital vorsah. Da man aber derzeit noch die Herstellung so langer Tunnel scheute, so schied diese sonst vorteilhafte Linie von vornherein aus. Vergl. damit S. 128.

Digitized by Google



73. Thalbrücke über die Kalte Rinne (Semmeringbahn).
Nach einer Aufnahme von Würthle & Co. in Salzburg.

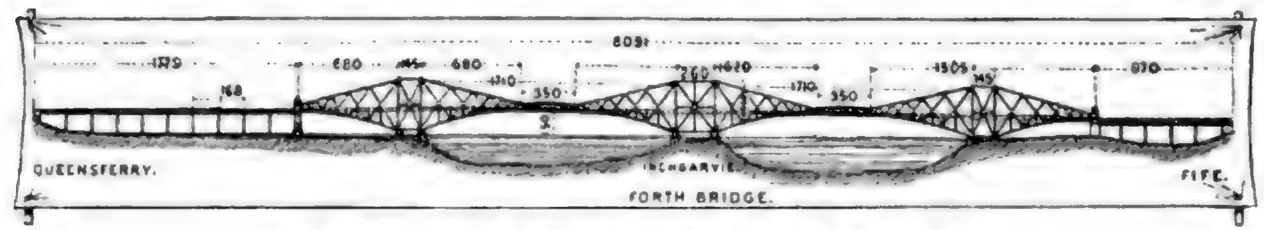


74. Müngstener Thalbrücke.

Digitized by Google

aus Quadermauerwerk, das obere mit zehn Bogen aus Ziegeln errichtet ist, also eigentlich zwei Brücken übereinander. Abb. 73 läßt den Bau, wenn auch stark verkürzt, erkennen und zeigt auch das der Semmeringbahn eigentümliche enge Anschmiegen der Linie an das Gelände. Vielfach wird sie durch hohe und lange Stützmauern gesichert, selbst getragen. Man hat sie ihrer vielen Kunstbauten wegen nicht mit Unrecht eine gemauerte Bahn genannt. Ihre Anlagekosten einschließlich der Ausgaben für Ausrüstung betragen denn auch rund 50 Millionen Mark, das macht über 1 Million Mark für das laufende Kilometer.

In dieser Ausführung hat sie keine Nachahmung gefunden, wie schon die ihr wenige Jahre später folgende, demselben Lande angehörige Brennerbahn zeigt. Namentlich führt man heutigestags so ausgedehnte und hohe Thalübergänge*) wohl kaum noch stockwerkartig aus, zieht auch der Kostenersparnis wegen häufig Eisen vor. Ein solches Beispiel neuerer Art ist außer der in Abb. 65 u. 86 gezeigten Anordnung, die 1897 fertiggestellte Müngstener Thalbrücke zwischen Remscheid und Solingen (Westfalen). Ihre Ansicht ist in Abb. 74 wiedergegeben (vergl. auch die Tafel beim Abschnitt „Brückenbau“), um einen Vergleich zwischen einst und jetzt auch auf diesem Gebiete zu ermöglichen. Sie ist die zweitgrößte Brücke auf dem europäischen Festlande. Ihr 170 m weiter Mittelbogen liegt im Scheitel mit seiner Unterkante 107 m hoch über der Wupper und ist von überwältigender Wirkung. Ihr Entwurf und ihre Ausführung rührt von der Nürnberger Maschinenbau-Gesellschaft her, die damit dem deutschen Brückenbau zu neuen Ehren ver-

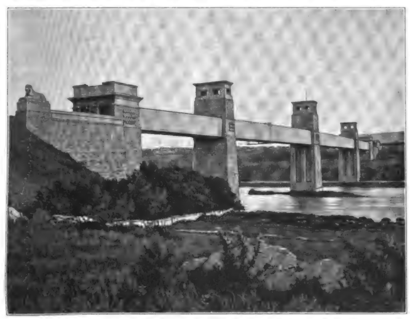


75. Die Firth of Forth-Brücke. (Maße = engl. Fuß à 0,305 m.)

holfen hat. Überholt wird dieses Kunstwerk nur von der Thalbrücke über den Viaur in Frankreich, deren Mittelöffnung 220 m Spannweite und 116 m Höhe über Thalsohle besitzt. An Gesamtlänge steht sie der 500 m langen Müngstener Brücke allerdings nach. England übertrifft bis jetzt durch die gewaltige Firth of Forth-Brücke (vergl. Abb. 75 und die Abbildungen im folgenden Abschnitte über Brückenbau) alle anderen Eisenbahnbrücken der Welt, wie es auch seiner Zeit die erste schmiedeeiserne Eisenbahnbrücke erstellte, die berühmte Röhrenbrücke über die Menai-Strait im Zuge der Eisenbahn Chester-Holyhead (Abb. 76). Erbauer dieser Britanniabrücke war Robert Stephenson, langjähriger Leiter der von seinem Vater George gegründeten Lokomotivfabrik in Newcastle-on-Tyne. Die Brücke gilt heute noch als ein Meisterwerk der Ingenieurkunst, das ein unvergängliches Denkmal seines Schöpfers bildet. Gern weilt der Fachmann bei ihrem gewaltigen, eigenartigen Bau, betrachtet sinnend die einfache, aber inhaltreiche Inschrift am Portal: „Robert Stephenson, Engineer“ und läßt die 50 Jahre, die seit ihrem Bau verflossen sind, an seinem geistigen Auge vorüberziehen. Was ist in ihnen nicht alles auf dem Gebiete des Ingenieurwesens geschaffen, entwickelt und ausgereift, wie ist dadurch die Kultur gehoben und verallgemeinert, wie sind dadurch unsere äußeren Lebensverhältnisse gründlich, aber segensreich umgestaltet worden!

*) Besonders hohe Steinviadukte früherer Jahre finden sich in Sachsen, wo ihre Höhe über Thalsohle bis 80 m erreicht, wie z. B. die Muldenthalbrücke der Leipzig-Chemnitzer Bahn (= 68 m) und der berühmte Göltzschthalviadukt der sächsischen Staatsbahnen (= 80 m). — Im allgemeinen kann man annehmen, daß bei einer Gleishöhe über Thal von etwa 25 m eine Thalbrücke einem geschütteten Damm der Kosten und Sicherheit wegen vorzuziehen ist. Örtliche Verhältnisse führen auch hier zu Ausnahmen; so finden sich in Süddeutschland mehrfach Erddämme von etwa 30 m Höhe, während der Damm durch das Kohlbachthal im Zuge der Deggendorf-Eisenstein Bahn sogar 45 m hoch ist. Er hat mehr als 1/2 Million Kubikmeter Schüttmasse erfordert. Über hölzerne Thalbrücken vergl. S. 119.

Das vorstehend erörterte Ausfahren von Seitenthälern ist auf der **Brennerbahn**, erbaut 1864—1867 nach v. Etzels Entwurf, zweimal im größeren Maßstabe zur Anwendung gebracht, bei Stafflach und bei Gossensaß. Bei ersterem Orte biegt die Bahn nach Abb. 77 aus dem Hauptthale der Sill in das hier auslaufende Schmirner Thal ein. Man erblickt vom Wagen aus hoch oben auf der anderen Thalseite die Mündung des Tunnels, der die Richtungsänderung vermittelt. Rechts öffnet sich ein herrlicher Blick in das Valser Thal, dessen Hintergrund durch Gletscher abgeschlossen ist. Nach Durchfahren des Tunnels wird dasselbe übersetzt und jetzt zur Linken erblickt. Die Bahn zieht sich 60 m über der eben passierten Linie weiter am Südhang des Schmirner Thales empor, um schließlich wieder mittels eines stark gewundenen Tunnels in das Sillthal einzubiegen und dieses weiter zu verfolgen. — Auf dem Abstiege der Brennerbahn in das



76. **Die Britanniabrücke über die Menaistraße.** Älteste größere Eisenbahnbrücke aus Schmiedeeisen.

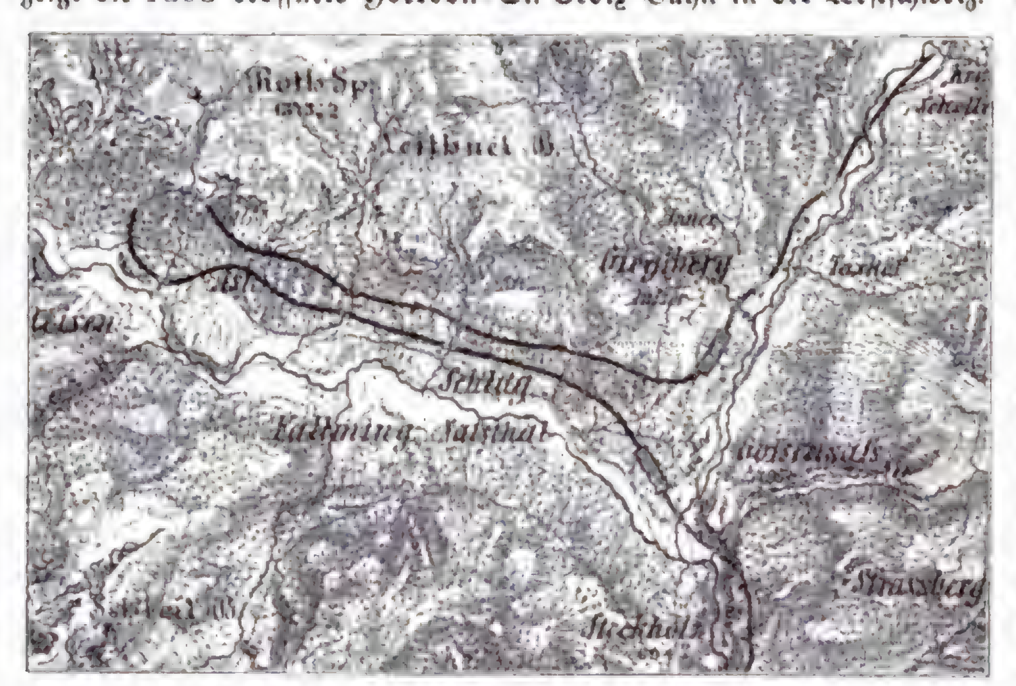
Eisackthal fällt das Gelände zwischen den Stationen Schellenberg und Gossensaß (Gotensitz [?]) steil ab. Beide Punkte liegen in der Wagerechten etwa 1100 m voneinander entfernt, in der Senkrechten dagegen 176 m untereinander, was bei direkter Linienführung die Neigung von 167 ‰ (1 : 6) ergäbe, also nur durch eine Zahnbahn erreichbar wäre. Durch Ausfahren des durch seine Gletscher weitbekannten Pflerschthales (Abb. 78), wobei die Bahn mit ihren zwei untereinander liegenden Entwickelungsstrecken an **derselben** Thalseite bleibt, ist erreicht worden, daß die Neigung an keiner Stelle 22 ‰ (1 : 45) überschreitet. Die Bahnlinie ist freilich dafür auch um mehr als 7 km länger geworden. Man gelangt daher auch zu Fuß schneller von Schellenberg nach Gossensaß als mittels des Zuges. Der am Ende des Pflerschthales gelegene Tunnel ist die erste Anwendung eines längeren halbkreisförmig sich hinziehenden Kehr- oder Spiraltunnels, wie solcher später an der Schwarzwald- und vor allem an der Gotthardbahn in größerem Maßstabe und fast kreisförmig verlaufend zur Anwendung gelangt ist. Die Fahrt auf derartig entwickelten Bahnen gestaltet sich meistens äußerst genußreich infolge der wechselnden

Digitized by Google

Niederblicke auf die malerischen Thalgründe und Aussichten auf die hehre Gebirgswelt mit ihrem Trümmergestein, ihren ewig jungen Gletschern und blendend weißen Schneefeldern. Die Brennerbahn, welche allerdings in dieser Hinsicht der Semmeringlinie nachsteht, ist 134 km lang. Sie enthält 30 Tunnels, 60 größere und viele kleinere Brücken. Ihre größte Steigung von Innsbruck bis zur 1367 m über dem Meeresspiegel gelegenen Paßhöhe, der Wasserscheide zwischen Sill und Eisack, beträgt 25 $^0/_{00}$ (1:40), von da bis Sterzing 22 $^0/_{00}$ (1:44). Die Baukosten betrugen 56,4 Millionen Mark, was in Anbetracht der geleisteten Arbeiten nicht sehr hoch ist, hat man doch sogar bei Matrei die Sill an stark gekrümmten Stellen durch einen Tunnel abgelenkt (desgleichen bei St. Peter den Mühlthalbach), allerdings zu dem Zwecke, die sonst erforderlichen Brücken zu ersparen und dafür das alte Sillbett mittels Dammes zu übersetzen. Im Vergleiche zur Semmeringbahn kann sie eine brückenarme Linie genannt werden, wie überhaupt ihr Bau durch sehr geschickte Ausnutzung des Geländes verhältnismäßig sparsam ausgefallen ist. Es hat gekostet 1 km Brennerbahn 420900 Mark, dagegen 1 km Semmeringbahn 1190000 Mark. Auch auf den nordamerikanischen Gebirgsbahnen und an anderen Orten ist das Ausfahren von Seitenthälern ausgenutzt worden.

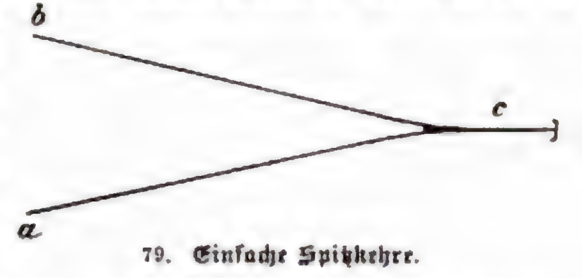
77. Führung der Brennerbahn im Schmirner Thal.

Eine bemerkenswerte Anwendung dieser Art der Linienentwickelung auf kleine Bahnen zeigt die 1893 eröffnete Yverdon-St. Croix Bahn in der Westschweiz. Beide Endpunkte haben in der Geraden etwa 10 km Abstand, während die Bahnlinie 24,3 km mißt. Letztere erreicht mit durchschnittlich 26 $^0/_{00}$ Steigung und auf einer mehrere Kilometer langen Steilrampe von 44 $^0/_{00}$ das 632 m über Yverdon gelegene St. Croix. Die Spurweite beträgt 1 m. Die Züge werden durch viercylindrige Mallet-Verbundlokomotiven (S. 218) befördert. Die Bergstrecke gewährt einen prächtigen Überblick über die Hochebene des Waadt bis zu der alles überragenden Montblancgruppe.

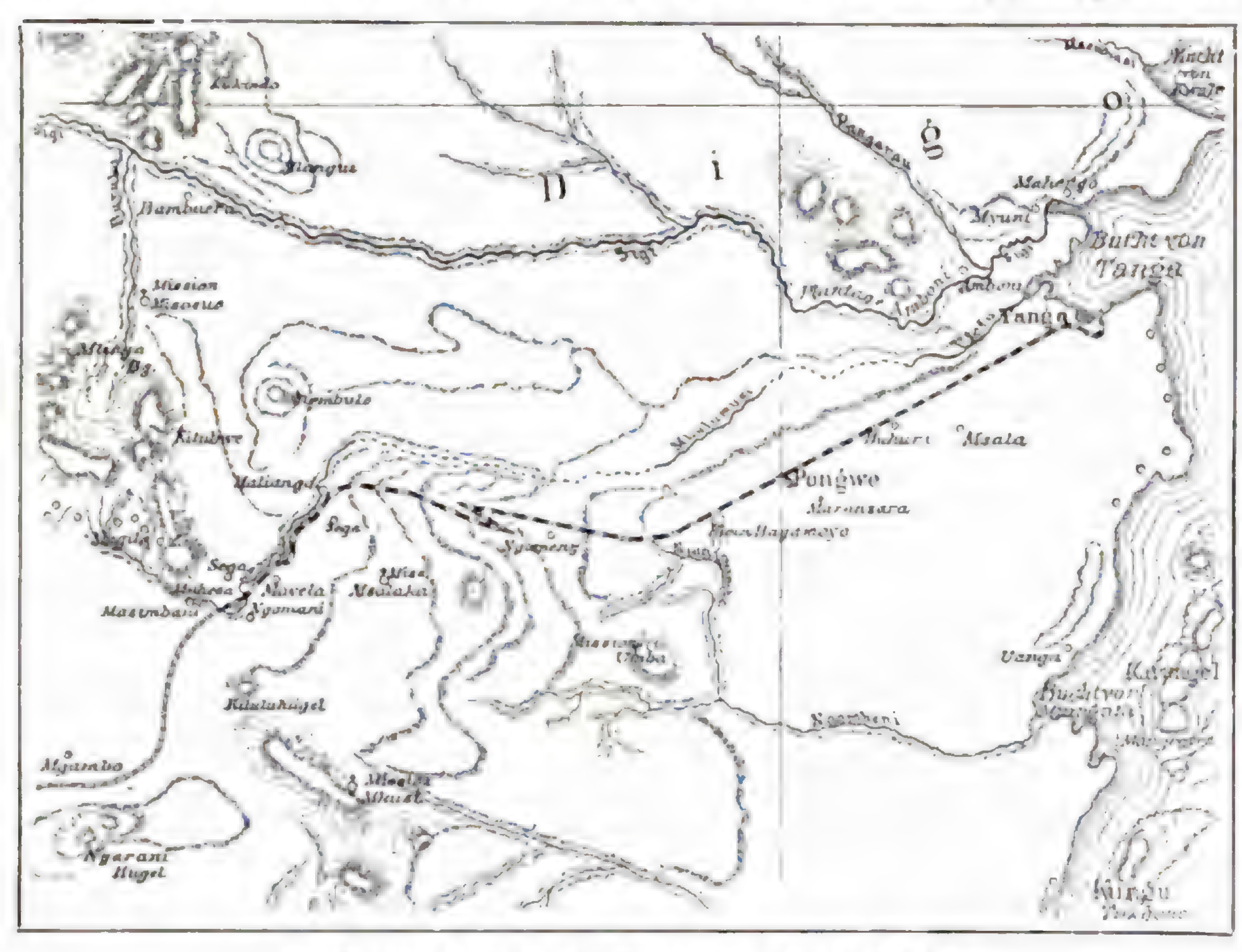


78. Führung der Brennerbahn im Pflerschthale.

Wir kommen nunmehr zu dem zweiten Verfahren der künstlichen Linienentwickelung: Anlage von Serpentinen. Die Poststraßen in den Gebirgsländern sind vielfach in zahlreichen Windungen von der Höhe in das anschließende Thal hinabgeführt. Berühmt ist der gewundene Abstieg der alten Gotthardstraße in das Val Tremola, ferner die von Napoléon angelegte Zaberner Steige bei Zabern im Elsaß, die ihren Namen von den vielen Windungsstufen erhalten hat, mittels derer die breite Heerstraße die Höhe am „Karlssprung" überwindet. Der neben dem Rhonegletscher durchgeführte Abstieg der alten Furkastraße, ebenso der benachbarte der neuen Grimselstraße in das Wallis wird durch sieben zusammen-



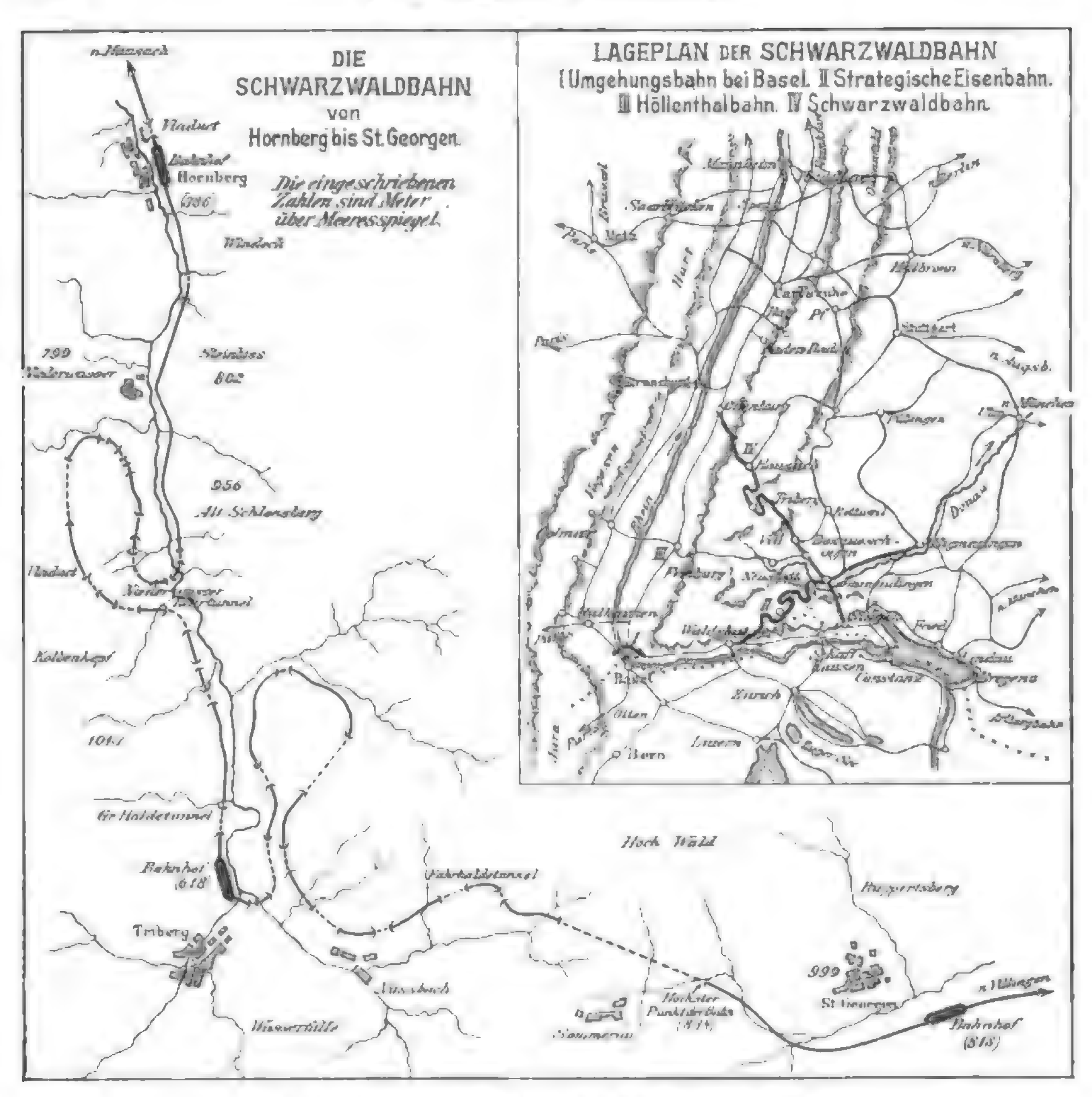
79. Einfache Spitzkehre.



80. Doppelte Spitzkehre der Eisenbahnlinie Tanga-Muhesa.
Nach dem „Centralblatt der Bauverwaltung".

hängende Serpentinen bewerkstelligt, während die neue, vom Chamonix nach dem Wallis führende Fahrstraße unweit Triquent in etwa 30, zwischen Salvan und Vernayaz sogar in 50 Windungen sich senkt. In solchen Zickzacklinien kann man auch eine Bahnlinie an einem Hange hinaufführen. Die erforderlichen Richtungsänderungen an den Wendepunkten werden hierbei entweder durch Bogen oder durch Winkelspitzen bewirkt, und demgemäß unterscheidet man die Schleife und die Spitzkehre. Das letztere Verfahren ist das einfachere und billigere, da sich die Kurven, namentlich bei den größeren Spurweiten, kaum ohne kostspielige Kunstbauten (Brückengerüste, Kehrtunnel u. s. w.) durchführen lassen. Die einfache Spitzkehre ist in Abb. 79 schematisch dargestellt. Gesetzt, es sei der Punkt a durch eine Reibungsbahn mit dem um 100 m höher und in der Wagerechten 1000 m entfernt liegenden Punkte b zu verbinden. Die unmittelbare Schienenstraße würde dann die Steigung 100 $^0/_{00}$ (1 : 10) erhalten, also nicht angängig sein. Führen wir dagegen die Linie zunächst mit beispielsweise 40 $^0/_{00}$ (1 : 25) nach einem seit-

Digitized by Google



81. Die Schwarzwaldbahn mit den Triberger Schleifen

wärts und 1250 m entfernt liegenden Punkte c und von hier sodann mit derselben Steigung nach b, so ist die Aufgabe gelöst. Die Steigung ist zweiundeinhalbmal schwächer geworden, die Bahnlinie von a nach b dafür freilich um ebensoviel länger. Es gilt auch hier der alte Grundsatz der Mechanik: Was an Steigung und somit an Zugkraft erspart wird, geht an Weg verloren und umgekehrt. Punkt c, der alsdann 50 m über a und 50 m unter b liegt, ist als Kopfstation auszubilden. Die einfache Spitzkehre findet sich in Deutschland bei Elm an der Wasserscheide zwischen Main und Fulda, ferner bei der Harzbahn Blankenburg-Tanne (Station Bast). Im Auslande kommt sie mehrfach vor, z. B. auf der Neuenburger Jurabahn, bei Chambrelien und Convers, zwei höchst einsam gelegenen Bergstationen, bei Klosters an den Rhätischen Bahnen u. s. w.

Abb. 80 zeigt die doppelte Spitzkehre, wie sie unter anderem auf der mit 1 Meter Spur angelegten Usambara-Bahn unserer ostafrikanischen Kolonie vorkommt. Durch sie wurde hier mit 40‰ (1:25) Steigung der Osthang des Gebirges überwunden und ein beträchtlicher Höhengewinn erzielt.

Vervielfältigt man die Kehre, so haben wir die eingangs erwähnte vielstufige Serpentine. Mehrfache Spitzkehren kommen in Deutschland nicht vor, wohl aber in Österreich (Klostergrab-Moldau), in Australien, Asien (Darjeeling-Eisenbahn), in

Nord-*) und Südamerika. In ausgedehntestem Maße sind sie bei der oben schon besprochenen Peruanischen Zentralbahn Lima-Oroya zur Anwendung gebracht. In kühnen Zickzacklinien sind hier die steilen Kordillerenabhänge genommen, wohl das großartigste Beispiel dieser Art von Linienentwickelung. Jede der Kopfstationen ist hier mit einer Drehscheibe ausgestattet, auf der die Zuglokomotive „gedreht“ wird, so daß sie stets mit dem Schornsteine voran den Zug befördert. Fehlt die Drehscheibe, so muß auf jeder Station ein Umsetzen der Lokomotive erfolgen, oder diese zieht und schiebt abwechselnd den Zug (S. 94). Die Kopfstationen sind ein Übelstand. Sie verlangsamen nicht nur den Betrieb, sondern machen ihn auch unbequem und nicht ungefährlich.

Für Gebirgsbahnen des durchgehenden Verkehres stellt sich deshalb die Serpentine mit Wendekurven, das ist die Schleife, im allgemeinen zweckmäßiger, wenngleich meistens teurer in der Anlage durch die erforderlich werdenden Kunstbauten an den Wendepunkten. Eine derartige Schleife beginnt in der Regel in einem stark ansteigenden Thale, da, wo

82. Die Triberger Schleifen aus der Vogelschau.

die Linie nur noch wenig über der Thalsohle oder dem Hochwasserspiegel liegt, wo sie also tiefer nicht mehr angeordnet, aber doch noch mit dem zulässig kleinsten Krümmungshalbmesser aus ihrer Richtung in die Umkehr abgelenkt werden kann. Gewöhnlich erfolgt diese Richtungsumkehr (um 180°) durch einen Kehrtunnel, da eine offene Führung seltener möglich ist. Die Bahnlinie zieht sich nun rückwärts, d. h. thalabwärts, jedoch unter stetigem Steigen, bis sie in einer Seitenschlucht mittels eines stark gekrümmten Einschnittes oder Tunnels sich wieder um 180° wenden und in die ursprüngliche Richtung thalaufwärts einbiegen kann. In dieser verläuft sie nun weiter, aber in wesentlich höherer Lage als in den beiden ersten Strecken. Denkt man sich die Schleife senkrecht durch eine Ebene durchschnitten, so trifft diese dreimal die Bahn. Bei der Fahrt durch eine Schleife macht es einen eigentümlichen Eindruck, an gewissen Stellen des Thales drei Bahnlinien in ganz verschiedener Höhenlage zu erblicken. Fährt man gerade über den mittleren Schleifenzug, so sieht man hier und da die untere eben verlassene Gleisbahn und über sich den noch zu passierenden Bahnkörper. Wer eine solche Stelle ohne Eisenbahnkarte zum erstenmal be-

*) Die Northern Pacificbahn überwand früher den 1210 m über dem Meeresspiegel gelegenen Stampedepaß in der Sierra Nevada durch Spitzkehren. Sie unterfährt ihn jetzt in einem 330 m tiefer gelegenen 3 km langen Tunnel.

fährt, kann sich den Zusammenhang der drei Linien nicht klar machen, da dieser in Tunneln und Seitenschluchten verborgen liegt. Den Anfang zur Schleifenbildung sahen wir bereits auf der Brennerbahn gemacht. In ihrer vollständigen Entwickelung finden wir sie zuerst auf der Mitte der sechziger Jahre in Angriff genommenen Schwarzwaldbahn Offenburg-Singen in den Triberger Schleifen. Sie wurde hier gleich in einer so großartigen und wahrhaft genialen Weise — zweimal dicht hintereinander — zur Ausführung gebracht, daß sie berechtigtes Aufsehen in der gesamten Eisenbahnwelt erregt und zur Nachahmung in verschiedenen Erdteilen Anlaß gegeben hat. Abb. 81 zeigt den Lageplan dieser beiden in der Nähe der bekannten Triberger Wasserfälle gelegenen Schleifen. Die Steigung in ihnen beträgt fast durchweg 20 ‰ (1 : 50), der kleinste Krümmungshalbmesser 300 m.

83. Bahnstrecke über die Sierra Nevada (Trestle work).

Da die Thäler und Schluchten tief in die steilen Hänge des Schwarzwaldes eingeschnitten sind, so hat man mit Vorteil die Bahn mehr in die Berge hineinverlegt, hat dadurch viele kostspielige Thalbrücken gespart, mußte dafür freilich recht viele Tunnel anlegen. Abb. 82 läßt diese meisterhaft erdachte Linienführung in dem schluchtenreichen Waldgebirge recht klar erkennen. Auf der nur 28,7 km langen Strecke Hornberg-St. Georgen finden sich nicht weniger als 34 Tunnel mit einer Gesamtlänge von 8,3 km, darunter der 1680 m lange Scheiteltunnel bei Sommerau, in welchem die Bahn die Wasserscheide übersetzt. Erfinder der Schleife ist der verstorbene Baudirektor Gerwig. Ihm ist in Triberg, dem stark besuchten Glanzpunkte des Schwarzwaldes, ein wohlverdientes Denkmal errichtet, ähnlich wie es Ghega auf dem Semmering, v. Etzel hoch oben auf dem Brenner erhalten hat.

Eine besondere, ganz an die vorerwähnten Serpentinen der Poststraßen erinnernde Anwendung ohne Kehrtunnel hat die Schleife mehrfach in Nordamerika gefunden, u. a. auch

Digitized by Google

in Colorado, jenem allbekannten, an wilden, tiefen und besonders langen Schluchten, erzreichen Minen, wie an kühnen Eisenbahnbauten merkwürdig reichen Lande. Durch fünf Stufen (Abb. 88) wird hier die Ostseite des in 3500 m Meereshöhe gelegenen Hagermanpasses erstiegen*). Diese offene Schleifenbildung gehört einer Abzweigung der Denver und Rio Grande Bahn an, Nordamerikas berühmtester Bahnlinie**). Das Durchfahren der ziemlich scharfen Wendekurven wird durch die Bauart der amerikanischen Wagen (mit Drehgestellen) erleichtert. Die Linie liegt in 24 bis 33 ‰ Steigung und mußte mehrfach, namentlich in den Gleisbögen, durch Gerüstbauten gestützt werden. Hierzu wird in den holzreichen Gegenden Amerikas vielfach das billige Holz genommen. Derartige Holzbauten werden drüben Trestle works genannt. Sie bilden eine Eigentümlichkeit amerikanischer Eisenbahnen und Ursache, daß dort häufiger Brückeneinstürze zu verzeichnen sind als anderswo. Auch durch Brand werden solche Anlagen nicht allzu selten zerstört. Auf den wichtigeren Linien sind sie vielfach schon durch Eisenbrücken oder Erddämme ersetzt worden. Zur Zeit bestehen aber noch etwa 117000 solcher Holzwerke in einer Gesamtlänge von 8000 km***). Zur Veranschaulichung dieser in Europa nicht üblichen Bauweise diene Abb. 83. Eine andere hierher gehörige Sonderheit in der äußeren Erscheinung jener Bahnen bilden die zum Schutze der Gleise gegen Lawinensturz und Schneeverwehungen nach Art der Abb. 84 errichteten Schneedächer.

84. Schneedach zum Schutze der Eisenbahnen.
Dachbelag ist der Deutlichkeit wegen fortgelassen.

*) Die Kehren werden durch einen in der Abbildung angedeuteten Tunnel unterfahren, der von den Güterzügen und bei Verspätung auch von Personenzügen benutzt wird.

**) So durchzieht z. B. diese Bahn zwischen Pueblo und Salida den 13 km langen Engpaß des Arkansas. In diesem schmalen Cañon kämpfen überall Bahn und Fluß um den Platz. Die bis 800 m senkrecht aufragenden Felswände scheinen überall den Weg zu sperren. An einer Stelle, wo der wildbrausende Fluß die ganze Breite dieser Riesenklamm ausfüllt, kreuzt ihn die Bahn auf einer Brücke, die an zwei in die Bergwände eingelassenen Eisengerüsten aufgehängt werden mußte. Nachdem die Bahn mit 40 ‰ Steigung den kurvenreichen Anstieg zum 3309 m hoch gelegenen Marshallpaß und in gleicher Weise den Abstieg von da bewirkt hat, wobei sehr lange Schneegalerien durchfahren werden, durchzieht sie sodann das Black Cañon, eine 24 km lange wildromantische und sehr enge Schlucht, die mit dem vorgenannten Cañon an Schroffheit und Wechsel der Felsgruppen eifert. Der Reisende kommt in dieser unvergleichlichen Gebirgswelt aus dem Staunen und Bewundern nicht heraus.

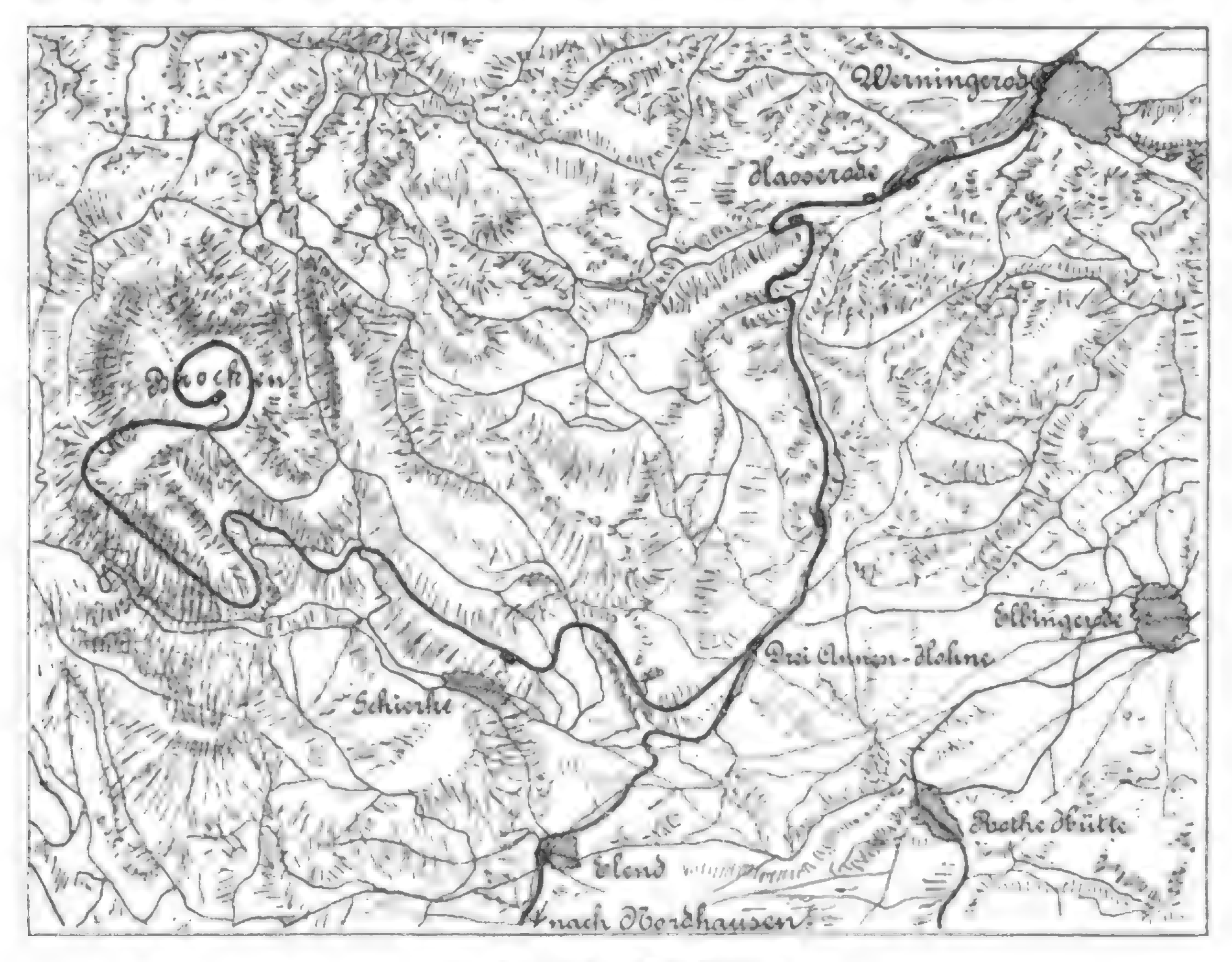
***) Die Northern Pacificbahn ist besonders reich an diesen Holzbauten. Ihre 3312 km lange Hauptlinie Portland-St. Paul besitzt solche in einer Gesamtlänge von rund 80 km und bis 40 m Höhe. Ein erheblicher Teil hiervon liegt auf den beiden Hängen des Felsengebirges, die sie in vielen Serpentinen überwindet. Am Osthange zählt man auf einer 32 km langen Strecke 45 dieser hölzernen, vielfach in den Kehren errichteten Brückenwerke.

Digitized by Google

Diese langen plumpen Dächer bezw. Schutzgalerien verleihen den Bahnen gerade kein anmutiges Gepräge, sichern aber in jenen rauhen Gegenden wirksam den Bahnbetrieb.

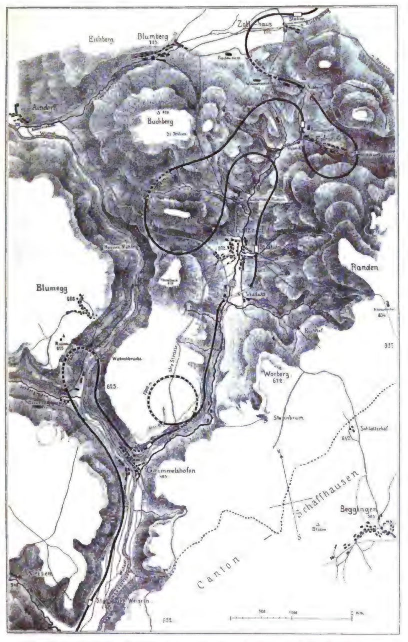
Auch in offener Spirale kann eine Bahn zur Ersteigung von Höhen geführt werden, wie die 1898 eröffnete Brockenbahn zeigt. Abb. 85 gibt die eigenartige, durch Schleife und Spirale bewirkte Entwickelung dieser höchsten deutschen Eisenbahn wieder. Die Gipfelstation liegt 1142 m über dem Meeresspiegel.

Nicht weit von der Triberger Linie findet sich, ebenfalls im Schwarzwalde, eine neuere Bahn, die in Bezug auf künstliche Entwickelung in Deutschland ohnegleichen dasteht. Es ist dies die 1891 eröffnete strategische Bahn, die von Immendingen kommend den südlichen Schwarzwald im Buchbergpaß überschreitet und bei Oberlauchringen nahe Waldshut in die alte Bahn Singen-Basel mündet. Diese Linie wurde im Interesse der



85. Lageplan der Brockenbahn.

Landesverteidigung erbaut und zwar gleichzeitig mit der an das elsässische Netz angeschlossenen Umgehungsbahn bei Basel (I in Abb. 81) und der ihre östliche Fortsetzung bildenden Donauthalbahn Immendingen bezw. Tuttlingen-Sigmaringen. Hierdurch werden sowohl aus der badischen Bahn Singen-Basel die auf Schweizer, also in Kriegszeiten auf neutralem Gebiet belegenen und dann für Deutschland nicht benutzbaren beiden Strecken a) zwischen Singen und Waldshut, b) bei Basel ausgeschaltet, als auch direkte Verbindungen des südlichen Elsaß und Baden über Immendingen mit Ulm geschaffen, so daß jene Landstriche in eine unmittelbare, dabei nur deutschen Boden berührende Bahnverbindung mit dem übrigen Süddeutschland gebracht sind. Die strategische Bahn Immendingen-Weizen, deren Anschlußstrecke nach Oberlauchringen schon vorhanden war, ist rund 45 km lang und hat einschließlich der beiden 26 km langen Neubaustrecken der Baseler Umgehungsbahn (Leopoldshöhe-Lörrach und Schopfheim-Säckingen) 35 Millionen Mark gekostet, welche Summe zum weitaus größten Teile vom Reiche getragen wurde. Die Militärbehörde stellte die Bedingung, daß diese Bahn zwecks ungehinderter Durchführung

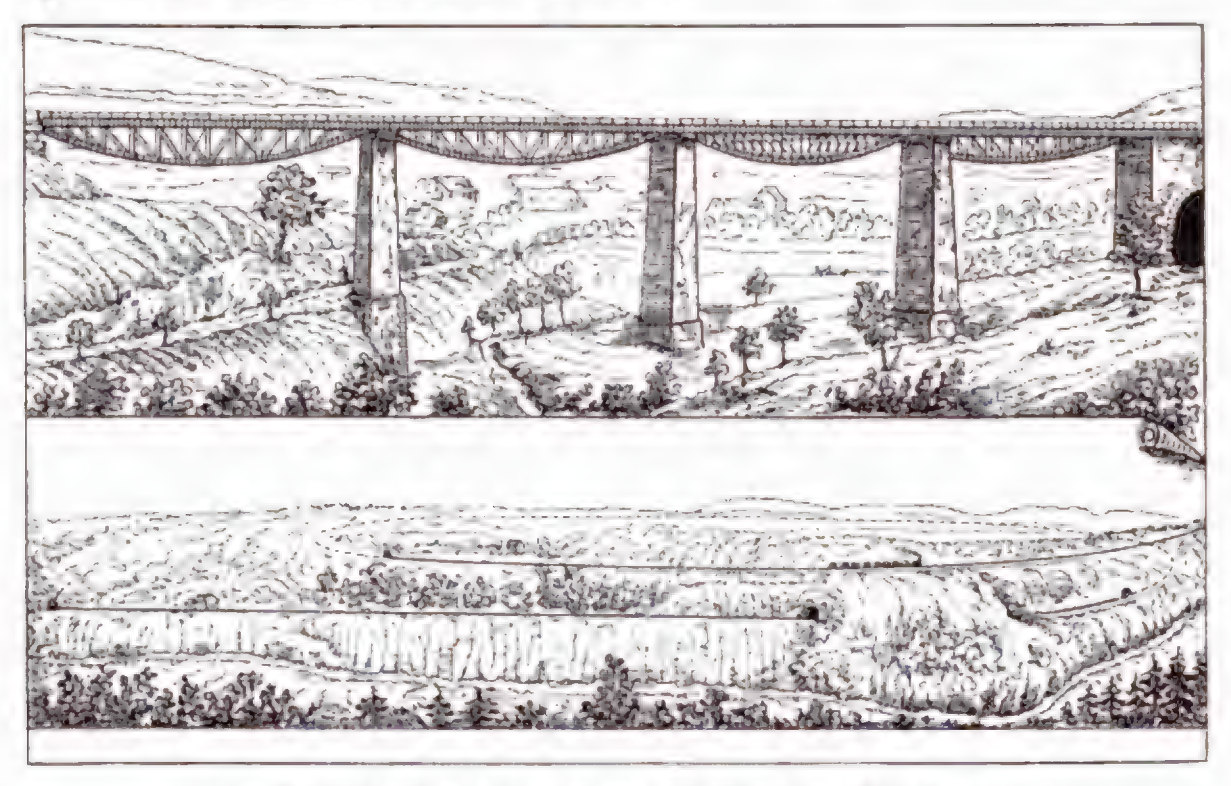


86. Lageplan der strategischen Schwarzwaldbahn (Abschnitt Weizen-Zollhaus).

IX 16

Digitized by Google

langer Militärzüge durchweg als Reibungsbahn mit einer Steigung von höchstens 10‰ (1 : 100) und mit Gleisbögen von mindestens 350 m erbaut würde. Ihr bemerkenswertester Abschnitt ist die südliche Bergstrecke Weizen-Zollhaus (Paßhöhe). Sie ist in der Luftlinie 10 km lang, mit einem Höhenunterschiede der beiden Endstationen von 231 m. Es ergibt dieses eine durchschnittliche Steigung von 23‰ (1 : 43), wobei aber zu beachten ist, daß das Gelände an einzelnen Stellen erheblich stärker ansteigt. Um daher der Forderung der Landesverteidigung gerecht zu werden, mußte die Linie künstlich erweitert werden, was nach Abb. 86 durch mehrfache Schleifenbildungen, Ausfahren eines Thales und eine ausgedehnte Tunnelschlinge erreicht worden ist. Die Bahnlänge ist dadurch auf 25,5 km gewachsen, was eine Durchschnittssteigung von 9‰ (1 : 111) ergibt. An größeren Kunstbauten waren auf dieser Strecke sechs Tunnel mit 4600 m und vier Thalbrücken mit 780 m Gesamtlänge auszuführen. Abb. 87 zeigt zwei größere Bauwerke. Das obere stellt den 153 m langen Thalübergang bei Fützen dar. Die Fischbauchträger liegen mit ihrer Fahrbahn 30 m über Thalsohle.



87. Thalbrücke und Tunnelschlinge der strategischen Schwarzwaldbahn.

Der hervorragendste Punkt ist unstreitig die große Tunnelschlinge oberhalb der Station Grimmelshofen. Die natürliche Geländebildung gestattete hier keine offene Linienentwickelung, ein Seitenthal fehlte, man mußte sonach seitlich in den Berg hineingehen, d. h. die Linie durch einen spiralförmig gestalteten, stetig ansteigenden Tunnel führen. Nach der „Engineering" entnommenen Abb. 87 beschreibt die Bahn hier einen vollen Kreis, sie wird also um 360° abgelenkt. Ihr unterer Punkt liegt an dieser Stelle 22 m senkrecht unter dem oberen Gleiszuge. Es ist dieses die einzige Tunnelschlinge (Spiraltunnel), die das große deutsche Eisenbahnnetz aufzuweisen hat. Sie selbst ist auch die größte bis jetzt ausgeführte, beträgt doch ihr Durchmesser nicht weniger als 700 m. Von ihrem 2200 m langen Umfange liegen 1700 m im Tunnel.

Schlingen können auch in offener Bahnlinie zur Anwendung gebracht werden, dann überschreitet die höher gelegene Strecke auf hoher Brücke die untere. Eine derartig ausgeführte Linie findet sich in Colorado. Abb. 88 gibt in einfacher Linie diese in 2700 m Meereshöhe gelegene hochinteressante Schleifen- und Schlingenstrecke der Union Pacific, Denver und Gulf-Bahn wieder, durch welche zwei Bergstädte (Georgetown und Silver Plume) verbunden werden, die in der Luftlinie nur etwa 1600 m voneinander entfernt sind, während ihr Höhenunterschied 213½ m beträgt. Eine direkte Eisenbahnverbindung

Digitized by Google

›esen.
dem
durch
ꞁleis-
e ‰
ſion;
teren

› die
ꞁ der
l des
Die
noch
i der

Denver

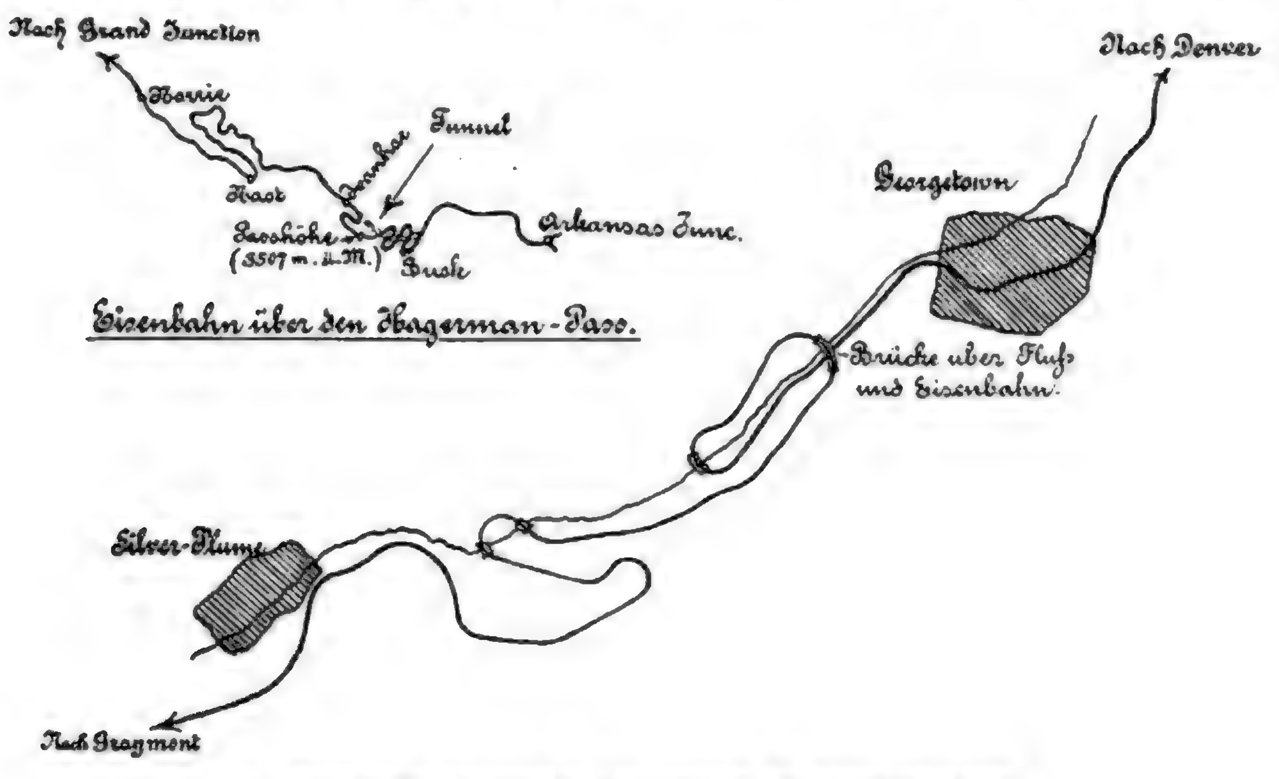
eitig
roß-
eine
ald-
mit
Die
Jau-
der
Sie
ſens
Vor
dere

‰
hin-
mit
lge-

Digitized by Google

wäre mit einer Steigung von $133\frac{1}{2}$ ‰, also nur mittels Zahnstange möglich gewesen. Da die Anschlußbahnen aber als Reibungsbahnen ausgeführt sind, so mußte dieses dem Durchgangsverkehre dienende Stück in gleicher Weise betrieben werden. Es gelang durch eine höchst eigenartig durchgeführte Entwickelung der Linie, wodurch freilich die Gleislänge auf das Vierfache (6500 m) angewachsen ist, die Steigung aber auf $32\frac{1}{2}$ ‰ beschränkt wurde. Die Bahn übersetzt hier viermal das enge Clear Creek Cañon; die Brücke am Schlingenschluß liegt mit ihrer Fahrbahn 50 m über dem unteren Gleiszuge.

Die Tunnelschlinge nach Art der Abb. 87 wendet man zweckmäßig da an, wo die Enge der Thalschlucht oder auch die klimatischen Einflüsse die offene Entwickelung der Linie nicht gestatten. Je nach Geländebeschaffenheit und Erfordernis kann durch Wahl des Schlingendurchmessers ein größerer oder kleinerer Höhengewinn erreicht werden. Die Möglichkeit, den wie eine Schraubenlinie ansteigenden, stetig gekrümmten Tunnel noch lüften zu können, zieht allerdings die Grenze. Die Tunnelschlingen sind zuerst bei der



88. Georgetown-Schlinge und Überschienung des Hagerman-Passes.

Gotthardbahn unter der Bauleitung von Hellwag angewendet worden. Gleichzeitig wurde bei dieser auch die Schleifenbildung in einer einzig in der Welt dastehenden Großartigkeit für die Linienentwickelung benutzt. Wir sehen auch hier wiederum, wie eine Bahn das Vorbild für die andere abgibt: Semmering und Brenner für die Schwarzwaldbahn, und diese bezüglich ihrer Schleifen für die Gotthardbahn, letztere wieder mit ihren Tunnelschlingen für die strategische Schwarzwaldbahn Weizen-Zollhaus. Die Gotthardbahn hat durch ihren kühnen Entwurf und ihre ungemein schwierige Bauausführung, namentlich auch bei Herstellung des 15 km langen Haupttunnels in der ganzen Welt, nicht bloß in technischen Kreisen, berechtigtes Aufsehen erregt. Sie bildet einen unvergänglichen Merkstein in der neueren Geschichte des Eisenbahnwesens und soll daher auch hier in ihren wichtigen Neuerungen kurz besprochen werden. Vor allem verdienen die gewaltigen Tunnelschlingen mit der Wasener Schleife eingehendere Würdigung.

Die Gotthardbahn ist mit einer höchsten Steigung von 25 ‰ (1 : 40) bis 27 ‰ (1 : 37) durch das Reuß- und südlich vom großen Tunnel durch das Tessinthal hin durchgeführt worden. Auf der Vorderrampe steigt aber das Reußthal aufwärts mit 30 bis 40 ‰ und selbst 68 ‰ an, also wesentlich stärker als die Bahnlinie. Infolge-

dessen schneidet die letztere mehrfach die Thalsohle dicht über der Hochwasserlinie an. So liegt sie oberhalb Gurtnellen, am sogenannten Pfaffensprung, eine der engsten Stellen der Reuß, die hier einen 30 m hohen Sturz bildet, über den der Sage nach ein wohlbeleibter Mönch mit einer hübschen Älplerin im Arm gesprungen sein soll, nur noch 10 m über dem Wasser. Bei der starken Thalsteigung blieb hier nichts anderes übrig, als die Linie künstlich zu entwickeln. Zu dem Zwecke ist nach unserer Tafel der Pfaffensprung-Spiraltunnel mit 280 bis 500 m Halbmesser angelegt. Sein unteres Portal liegt auf 774 m Meereshöhe, seine obere Mündung auf 809 m. Durch den Tunnel sind also 35 m Höhe gewonnen, wozu noch 16 m durch die offene Strecke bis zu dem senkrecht über der unteren Tunnelmündung gelegenen Gleispunkte kommen, so daß durch diese Schlinge 51 m an Höhe gewonnen wurden. Es konnte somit die Bahnlinie von hier aus ungefähr 3 km in dem Thal weiter aufwärts geführt werden, ehe sie oberhalb Wasen bei Wattingen dessen Sohle wieder nahezu erreichte.

In dieser ihrer tiefsten Lage überschreitet sie die Reuß noch eben über Hochwasser. Eine Schlinge hätte hier zur Weiterführung nicht genügt oder bei größerer Ausdehnung Schwierigkeiten für die Lüftung bereitet, es mußte deshalb zur Schleifenbildung übergegangen werden. Diese beginnt beim Reußübergang, 895 m über dem Meeresspiegel, mit dem 1090 m langen Wattinger Kehrtunnel, übersetzt 23 m höher wieder die Reuß, kehrt am linken Ufer in Richtung auf Wasen zurück und unterfährt mittels Kehrtunnels (1095 m lang) den Leggistein, darin 25 m sich erhebend. Nunmehr zieht sich die Bahn oberhalb der Station Wasen — am Berghang nach Göschenen hin, wobei sie in dem 1563 m langen Naxbergtunnel drei besonders gefährliche Lawinenthäler unterfährt. In der Schleife kommen noch fünf kleinere Tunnel vor. Die Neigung in ihren offenen Strecken beträgt, abgesehen vom Bahnhof Wasen, 25 ‰. Die Krümmungshalbmesser der beiden letztgenannten Kehrtunnels betragen 300 m. Die beigefügte Tafel läßt die Längen- und Höhenverhältnisse klar erkennen. Die den einzelnen Tunnelmündungen beigesetzten Zahlen bedeuten deren Höhenlage über dem Meeresspiegel.

Die Wasener Schleife, durch die (von der unteren Mündung des Pfaffensprungtunnels bis zu der in der Geraden 3 km entfernten des Naxbergtunnels gerechnet) 256 m Höhe gewonnen werden, ist eine der großartigsten und am genialsten angelegten Strecken im neueren Eisenbahnbau. Außer der Reuß übersetzt sie hier dreimal die in tiefer Schlucht wild schäumende Maienreuß auf hochgelegenen Brücken. Die mittlere hiervon, wohl jedem Touristen der Gotthardstraße durch ihre malerische Wirkung bekannt, liegt 79 m über Wasser und ist 65 m lang.

Im Gegensatz zu den Schwarzwaldschleifen sind hier alle drei Stufen in denselben Thalhang übereinander eingeschnitten. Dreimal geht die Fahrt an der auf einem Bergkegel thronenden Wasener Kirche vorbei, nachdem sie zuvor durch diesen Kirchberg mittels eines 300 m langen Tunnels ihren Weg genommen hat. Bald erblickt man die Kirche auf der rechten, bald auf der linken Seite, bald vor sich, bald hinter sich, anfangs hoch oben auf dem Berge, zuletzt tief unten im Thal. Der Reisende glaubt kaum von der Stelle zu kommen. Da die Kehren in den finsteren Tunneln liegen, so erscheint die Rundfahrt um den Kirchberg dem Unkundigen noch rätselhafter. Ist man schließlich auf der obersten Stufe am Dorfe Wasen vorbei, so sieht man unter sich die eben durchfahrenen Strecken und erkennt den Zusammenhang. 112 m tiefer liegt die alte Gotthardstraße, die zuvor vom Zuge gekreuzt wurde. Auch derjenige, der wiederholt diese Bahnlinie durchfährt, staunt immer aufs neue über die Eigenart der Anlage, bis nach kurzer Weiterfahrt der nahezu 15 km lange Riesentunnel von Göschenen nach Airolo neuen Stoff zu solchen Betrachtungen liefert und die dann folgenden, in ungemein großartiger Hochgebirgswelt gelegenen Tunnelschlingen der Südrampe ihm nochmals vollste Überraschung bereiten. Sind doch hier im Tessinthal vier Kreisschlingen zur Ausführung gebracht: je eine bei Faido und Dazio Grande und zwei in der engen, steilen Biaschinaschlucht. Hier bilden sie sogar nach unserer Tafel eine Doppelschlinge, so dicht sind hier ihrer zwei neben- und übereinander gelagert — eine Riesenwendeltreppe gleichsam bildend, über die der Weltverkehr seinen Weg nimmt. Abb. 89 u. 90 zeigen die wilde Tessin-

89. **Die Kehren der Gotthardbahn in der Biaschinaschlucht aus der Vogelschau.**

Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob“ in Zürich.

Digitized by Google

schlucht mit den offenen Strecken der Doppelschlinge*). Durch diese vier Schlingen wird das Tessinthal in ebenso vielen Stufen nacheinander genommen, während im Reußthal bei Wasen außer der Pfaffensprungschlinge, wie oben erörtert, drei Höhenstufen nebeneinander angeordnet liegen. Der durch jede der fünf Schlingen erzielte Höhengewinn beträgt 35—50 m. Wegen der in Tunneln stets feuchten Schienen, daher geringeren Reibung zwischen Lokomotivrad und Schiene, ist die Steigung in den Tunnelschlingen, ebenso auch in den Kehrtunneln auf 22 bis 23 ‰ ermäßigt. Die stärkste Steigung von 27 ‰ findet sich im Tessinthal bei Giornico.

An Kunstbauten ist die Gotthardbahn überaus reich. Ein Sechstel von ihr liegt in Tunneln und Galerien, deren 65 Stück mit einer Gesamtlänge von 42 km vorhanden

90. **Die Biaschinaschlucht bei Giornico.** (Drei Gleisstrecken übereinander.)
Nach einer Aufnahme des Artistischen Instituts Orell Füßli in Zürich.

sind, d. i. mehr als die Hälfte der Länge aller deutschen Bahntunnel. 1046 Fluß- und Thalbrücken, Straßenüberführungen und Durchlässe mußten hergestellt werden; kein Wunder bei den zahlreichen Thälern, Schluchten und Wasserläufen, die durchschnitten wurden. Und welche Summe von Arbeit und Kapital liegt in den vielen Nebenbauten begraben, die sich dem Auge des Reisenden meist entziehen! Da waren mächtige Schuttkegel und Wildbäche zu unterfahren, da mußte die Bahn gegen Steinstürze und Lawinen, gegen Eisblöcke und Baumstämme durch Galerien, Mauern und sonstige Schutzbauten gesichert, angeschnittenes Felsgestein durch Mauerklötze abgefangen werden u. s. w.

Die höchste Stelle (1154 m über dem Meeresspiegel) liegt in der Mitte des großen Tunnels, welcher nach Göschenen (Nordseite) zu mit 5 ‰, nach Airolo mit 2 ‰ abfällt. Dieses Gefälle nach beiden Enden hin ist der Förderung und namentlich der Wasser-

*) Der Zusammenhang der Gleisstrecken in der Abb. 89 wird ohne weiteres klar, wenn man den auf der Tafel dargestellten Lageplan der „Kehrtunnel in der Biaschinaschlucht“ aus der oberen linken Ecke betrachtet. Abb. 90 deckt sich unmittelbar mit diesem Lageplane. Die offenen Strecken sind als starke, volle Linien gezeichnet, die Tunnel als gestrichelte.

Digitized by Google

abführung wegen erforderlich. Der Tunnel ist bis auf ein kurzes Stück am Südende geradlinig durchbohrt. Sieben Jahre und fünf Monate waren die Mineure auf beiden Seiten in angestrengtester Arbeit thätig gewesen. Als dann endlich der Durchschlag tief im Gebirge — 7800 m von der Nordmündung entfernt — erfolgte, da wichen die Mittellinien der Tunnelhälften sowohl in der Breite wie in der Höhe nur wenige Zentimeter voneinander ab, ein gewiß glänzendes Ergebnis und ein tadelloses Zeugnis sowohl für die sorgfältige trigonometrische Vermessung der Tunnellinie, bei der sogar der Polarstern als unverrückbarer Punkt herangezogen war, als auch für die genaue Festlegung der Achse im Tunnelinneren.

Auf die hochinteressanten Arbeiten im Tunnel, zu denen ein ganzes Heer von Arbeitern herangezogen war, näher einzugehen, ist nicht Zweck dieser Arbeit. Es genüge hier anzuführen, daß zeitweilig die Arbeiten durch Wasserandrang sehr erschwert wurden. Es wurden einmal Wasseradern angeschlagen, die 1200 cbm in der Stunde lieferten. An anderen Stellen wiederum war der Druck des Gebirges so gewaltig, daß die ungemein starke Holzzimmerung wiederholt zerknickt, die Ausmauerung später zerstört wurde. Namentlich unter der Andermatter Gegend war dieser Druck besonders heftig. Die Gewölbemauerung von 1 m Stärke wurde dreimal zertrümmert, bis man sie im Scheitel 1,4 m und im Widerlager $2^1/_2$ m dick aus hartem Granit herstellte. Sodann war die Wärme im Tunnel lästig. Sie nahm mit wachsender Länge desselben zu. Als Verfasser 1878 die Bauarbeiten besichtigte, herrschte in einem Abstande von etwa 3 km vom Nordeingange bereits eine Temperatur von 23° C. (Die Verschiedenheit der Außentemperatur hat, wie sich auch jetzt wieder im Eigertunnel gezeigt hat, keinen nennenswerten Einfluß auf die Wärme im Tunnel, solange dieser nicht durchgeschlagen ist). Nahe der 1700 m hoch vom Gebirge überlagerten Tunnelmitte stieg die natürliche Gesteinswärme später auf ungefähr 31° C. Die Luftwärme steigerte sich hier infolge der menschlichen Thätigkeit (Sprenggase, Lampenlicht u. s. w.) auf ungefähr 34° C. bei —5° Außentemperatur. Die Tunnelarbeiter konnten auch nur sehr leicht bekleidet thätig sein. Die hohe Wärme war ihr ärgster Feind. Nach der Vollendung des Tunnels sank sie infolge der natürlichen Luftströmung auf etwa 17° C. im Mittel. Im September 1872 hatten die Arbeiten im Tunnel bei Göschenen auf der Nord- und bei Airolo auf der Südseite begonnen. Im Frühling 1873 nahm die Maschinenbohrung ihren Anfang. Mehrere Tausend Arbeiter — meistens Italiener — waren seitdem ständig in Thätigkeit gewesen. Am Abend des 28. Februar 1880 endlich drang der Bohrer einer Bohrmaschine von der Südseite her durch die letzte noch trennende Gesteinswand: eine Verbindung zwischen den beiden Tunnelhälften war geschaffen. Als ersten Gruß vom Süden schickte man das Bild Louis Favres hindurch, des thatkräftigen und sachkundigen Unternehmers der Tunnelarbeiten, der plötzlich am 19. Juli 1879 im Tunnel am Schlagfluß verstorben war. Ihm galt darum dieser stumme Gruß, ein rührendes Zeichen der Anhänglichkeit und Anerkennung von seiten seiner ehemaligen Untergebenen. Am 29. Februar 1880 fiel sodann die Scheidewand vollends. Der Durchschlag war geschehen, freudig begrüßt von der ganzen zivilisierten Welt.

Am 1. Juni 1882, nach zehnjähriger Bauzeit, konnte die Gotthardbahn dem Verkehr übergeben werden. Ihr damals 240 km langes Netz — Immensee-Chiasso und zwei Abzweigungen bei Bellinzona — hat einschließlich Ausstattung 180 573 000 Mark gekostet, das macht 752 386 Mark für das Kilometer. Zu dieser Summe haben die drei an der Bahn interessierten Staaten 95,2 Millionen Mark als Zuschuß à fonds perdu beigetragen und zwar:

Deutschland	24	Millionen Mark,
die Schweiz	24,8	" " ,
Italien	46,4	" " .

Das übrige ist durch Ausgabe von Aktien und Schuldscheinen aufgebracht worden. Die Gotthardbahn ist in den letzten Jahren mit einem weiteren Kostenaufwande von 30 Millionen Mark zweigleisig ausgebaut und von Immensee nach Luzern erweitert worden. Der Kostenersparnis wegen war die Bahn nur eingleisig hergestellt worden. Der Einbau des zweiten Gleises begegnete besonderen Schwierigkeiten, zumal er ohne Störung des Betriebes bewirkt werden mußte. Nur der große Tunnel war von Haus aus für zwei Gleise ausgebrochen worden. Die aus ihm entfernte Gesteinsmenge beläuft sich auf etwa 800 000 cbm. Diese Masse, auf offene Güterwagen verladen, würde einen Riesenzug bilden, der von Hannover über Köln bis Herbesthal reichte.

Durch den Bau der Gotthardbahn ist das Eisenbahnwesen ungemein bereichert worden. Die bei ihm gesammelten vielseitigen Erfahrungen haben fruchtbringend auf die Technik zurückgewirkt. Vor allem ist dem Tunnelbau, der noch nie zuvor eine solch ausgedehnte Nutzanwendung gefunden hat, eine ganz besondere Förderung widerfahren. Die Fortschritte, die mit der Zeit hierin zu verzeichnen sind, zeigen sich recht deutlich bei den großen Tunneln der europäischen Alpenbahnen sowohl in der Länge ihrer Bauzeit, als auch in der Höhe der Baukosten. Nachstehende Übersicht gibt die betreffenden Vergleichszahlen:

Digitized by Google

Name des Tunnels	Bauzeit	Länge in Metern rund	Gesamtkosten in Mark für		Art der Tunnelbohrung
			den ganzen Tunnel	d. lfd. Meter	
Mont Cenis . . .	1861–1871	12 200	60 000 000	4 900	Preßluft
St. Gotthard . .	1872–1881 9½ Jahre	15 000	48 000 000	3 200	Preßluft
Arlberg	1880–1884	10 250	32 440 000	3 165	Auf einer Seite Preßluft, auf der anderen Preßwasser.
Simplon	1898–1904? 5½ Jahre	19 800	55 600 000	2 800*)	Preßwasser

Der Mont Cenistunnel ist der erste durch Maschinenkraft erbohrte Tunnel. Bis dahin kannte man nur die viel weniger leistungsfähige und weit kostspieligere Handbohrung. Der Herbst 1898 in Angriff genommene Simplontunnel im Zuge der Eisenbahn von Brig (Wallis) nach Domo Dossola (Italien) soll vertragsmäßig in 5½ Jahren fertiggestellt werden, was eine ganz ungewöhnlich kurze Bauzeit ist. Für jeden Tag früherer Vollendung erhält der Unternehmer 4000 Mark Prämie, welche Summe er anderseits der Jura-Simplon-Eisenbahngesellschaft für jeden Tag späterer Fertigstellung zu zahlen hat. Vertraglich ist ferner als Bausumme einschließlich aller Nebenkosten der Betrag von rund 2800 Mark für das laufende Meter Tunnellänge festgesetzt. Das ist noch weniger als beim Arlberg-Tunnel und obgleich am Simplon die Transportlängen fast doppelt so groß sind. Man arbeitet demnach heute dreimal so schnell und gleichzeitig 43 % billiger als wie vor 30 Jahren am Mont Cenis! Dabei muß am Simplon über 1 Million Kubikmeter Gestein losgebrochen und auf durchschnittlich 5 km Länge fortgeschafft werden. Diese Riesenarbeit wird unter Zuhilfenahme von Preßwasser für den Betrieb der zuerst beim Pfaffensprungtunnel der Gotthardbahn benutzten Brandtschen Gesteinsbohrmaschinen, von Dynamit für das Sprengen, sowie von Preßluft für den Transport der Gesteinsmengen bewältigt werden, während Preßluft auch in das Tunnelinnere geleitet wird, um zu lüften. Man rechnet in der Nähe der Tunnelmitte auf eine Wärme von mindestens 40° C. Hierbei würde sich elektrische Glühlichtbeleuchtung, wie sie zur Zeit auch im Eigertunnel eingerichtet ist, besonders vorteilhaft erweisen. Sie verdirbt nicht die Luft durch Brenngase und Erhitzung und bietet eine wesentlich größere Helligkeit. Ihrer Anwendung statt der zur Zeit noch benutzten Öllämpchen soll die leichte Beschädigung der Zuleitungskabel entgegenstehen. Es ist ein großer Gegensatz in den äußeren Verhältnissen der Arbeitsstelle vor Ort, wie sie früher noch im Gotthardtunnel durch die knatternden Ferrouxbohrmaschinen und die trübseligen Öllampen der Mineure geschaffen waren und wie sie jetzt im Eiger und Simplon vorliegen. Hier herrscht während der Bohrarbeit Ruhe (Simplon) und Helligkeit (Eiger), und es war, verglichen mit dem Gotthard, ein wahres Vergnügen, sich im Eigertunnel „vor Ort“ inmitten der Bohrmaschinen aufzuhalten und zuzuschauen, wie die Stahlbohrer in das seit Erschaffung der Welt unberührte Felsgestein eingetrieben werden, um Raum zu schaffen für die Sprengmittel, diese gewaltigen Energieträger, die der menschliche Geist geschaffen hat und deren plötzliche Arbeitsentwickelung das härteste Gestein zu Falle bringt. Bei den wirkungsvollen Hilfsmitteln, die der Ingenieur am Eiger und am Simplon in seine Dienste gestellt hat, steht zu hoffen, daß beide Unternehmungen erfolgreich durchgeführt werden — wenn nur für die erstere auch das Geld stets zur Stelle ist.

Wie stolz war doch vor 130 Jahren der Erzbischof von Salzburg auf die Fertigstellung des bekannten Tunnels („Neuthor“) jener Stadt, den er in den Jahren 1765 bis 1767 durch die Nagelflue des Mönchbergs brechen ließ. Er glaubte in diesem kurzen

*) Die Bausumme ist für zwei eingleisige Tunnel veranschlagt. Zunächst wird ein solcher Tunnel hergestellt und gleichzeitig in 17 m Abstand davon ein durch Querschläge mit ihm verbundener Stollen vorgetrieben, durch den u. a. den Arbeitsstrecken die nötige Frischluft zugeführt wird. Hierfür sind insgesamt 43,6 Millionen Mark vorgesehen, während der spätere Ausbruch des Stollens auf den vollen Tunnelquerschnitt für 12 Millionen Mark durch die Unternehmung bewirkt werden muß. Als Vollendungstag des ersten Tunnels ist der 13. Mai 1904 festgesetzt.

91. Beginn eines Tunnelbaues an der Gornergratbahn.
Nach einer Aufnahme der Photographen Jume & Co. in Zermatt.

92. Fertiges Tunnelportal der Gornergratbahn.
Nach einer Aufnahme der Photographen Jume & Co. in Zermatt.

Digitized by Google

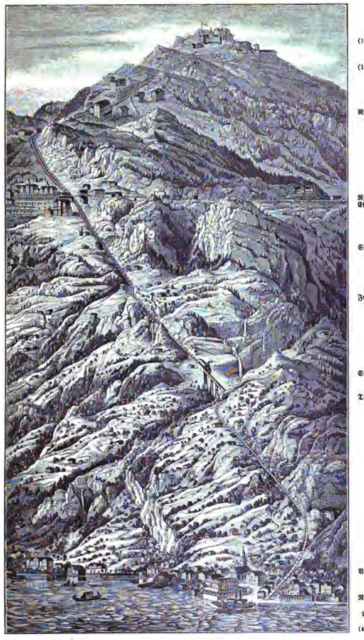
Felsengange ein gewaltiges Werk geschaffen zu haben und brachte deshalb auch an der Stadtseite sein Bildnis an mit der Überschrift: „Te saxa loquuntur“ (Von dir reden die Felsen!). Und doch, wie winzig erscheint uns heute diese durch festes, trocknes Gestein getriebene Tunnelstrecke! Wie ist unser Maßstab, den wir an die Arbeiten und Leistungen der Ingenieurkunst zu legen gewohnt sind, seitdem gewachsen! Heute werden Tunnel nicht nur durch Hochgebirge getrieben, sondern auch unter dem Flußbett der Ströme hin, mag dieses aus festem oder wasserdurchlässigem Gestein, aus Thon oder aus Schlamm bestehen. Die Eisenbahntunnel unter dem Mersey (Liverpool), Severn (Bristol), Hudson (New York), der Themse (London) und viele andere sind beredte Beispiele hierfür. Auch der kürzlich vollendete Spreetunnel bei Berlin, der durch das lockere Schlammbett der Spree getrieben ist und elektrischem Straßenbahnbetriebe dient, gehört hierher.

Wie mühsam im Hochgebirge meistens die einleitenden Arbeiten zum Tunnelausbruch sind, möge Abb. 91 veranschaulichen. Die Arbeiter haben hier die ersten Steinbohrer in die Wand getrieben, um darauf vermittelst Rundhölzer oder Bretter einen Standpunkt beim Anbohren bezw. Ausbrechen des oberen Gesteins zu finden. Ein fertiggestelltes Portal derselben Bahn zeigt Abb. 92. Noch unbequemer sind häufig die Vermessungen an steilen hohen Felswänden auszuführen, in die hoch oben die Linie eingeschnitten werden soll. Hier müssen die Arbeiter oftmals an den Seilen heruntergelassen werden, um so, schwebend zwischen Himmel und Erde, die Zeichenfestlegung vorzunehmen. In dieser Weise ist z. B. die Arth-Rigibahn an der 530 m langen senkrechten „Kräbelwand“, deren Höhe über Thalsohle bis zu 150 m reicht, vermessen worden. Seile und Strickleitern gaben hier den Technikern den ersten schwankenden Halt. Auch am Semmering, Brenner und anderen Orten konnten die oft recht schwierigen Vermessungsarbeiten vielfach nur am Seil durchgeführt werden.

Anwendung der Zahnstange bei Eisenbahnen.

Die im Vorstehenden erörterten vier Mittel, welche für die Überwindung starker Steigungen bei Wasserscheiden und Gebirgssätteln, bei steilen Hängen und Thälern in Frage kommen können, als Ausfahren von Seitenthälern, Spitzkehren, Schleifen, Schlingen, finden in erster Linie bei Reibungsbahnen Verwendung, deren Steigungen, wie früher erörtert, im allgemeinen nicht über 40‰ (1:25), bei Hauptbahnen sogar nicht gern über 25‰ (1:40) gewählt werden. Handelt es sich nun darum, wesentlich stärkere Steigungen als vorstehend angegeben, unmittelbar zu überwinden, so greift man zu dem Mittel, das bereits zu Anfang der Entwickelung des Eisenbahnwesens, im Jahre 1812 von Blenkinsop benutzt worden war — zur Zahnstange. Damals wurde sie allerdings infolge irrtümlicher Anschauungen auch für wagerechte oder schwach geneigte Strecken in Vorschlag gebracht, bis man, wie auf S. 189 geschildert, erkannte, daß hierbei die Reibung zwischen dem genügend belasteten Lokomotivrad und der Fahrschiene auch für das Fortschaffen großer Lasten ausreichte. Die Zahnstange verschwand sehr bald, abgesehen von der 66⅔‰ (1:15) Steigung besitzenden Middleton-Kohlenbahn, auf der die Blenkinsop-Lokomotive bis zum Jahre 1839 benutzt wurde. Man begnügte sich allerdings auch bei den ersten Reibungsbahnen mit verhältnismäßig schwachen Steigungen oder überwand etwaige Steilrampen mittels Seilbetriebes. Erst 35 Jahre nach Blenkinsops Versuch tauchte die Zahnstange in Nordamerika wieder auf. Cathcart benutzte sie zur Ersteigung einer langen Steilrampe von 60‰ (1:17) Steigung im Zuge der Madison- und Indianopolisbahn. Im Gegensatz zu seinem Vorgänger, der die Zahnstange mit der einen gußeisernen Fahrschiene vereinigt hatte, verwendete Cathcart bereits eine besondere, freilich auch noch gußeiserne Zahnstange mit aufrecht stehenden Zähnen, die in der Mitte zwischen den Schienen befestigt wurde. Sie stand bis 1868 in Benutzung, fand jedoch weiter keine Nachahmung, hauptsächlich wohl, weil die gußeisernen Zähne nicht sicher genug erschienen und die Zahnradlokomotiven dieser Bahn (Abb. 229 im Abschnitt „Betriebsmittel“) zu verwickelte Bauart aufwiesen. Erst als die Walztechnik weiter fortgeschritten war und die Herstellung von zähem Formeisen gestattete, war auch die Anfertigung völlig betriebs-

Digitized by Google



93. **Die Rigibahn von Vitznau nach Rigi-Kulm.**
Nach einer Aufnahme des Art. Instituts Orell Füßli in Zürich.

Digitized by Google

sicherer Zahnstangen ermöglicht. Die Zahnstange hat der gewöhnlichen Reibungsschiene gegenüber den Vorteil, daß sie nicht wie diese von den Witterungseinflüssen beeinflußt wird. Die Zahnradlokomotive leistet daher stets dasselbe, während die Reibungslokomotive bei Glatteis u. s. w. erheblich einbüßt (vergl. S. 170).

Marsh baute im Jahre 1866—1869 eine Zahnbahn auf den in den Weißen Bergen Nordamerikas gelegenen 1904 m hohen Mount Washington, einen beliebten Aussichtspunkt in der „amerikanischen Schweiz“. Hier ist zum erstenmal eine schmiedeiserne Leiterzahnstange (Abb. 155) verwendet, die wie bei Cathcart mitten zwischen den Laufschienen (Spurweite 1411 mm) liegt und in die das von den Dampfcylindern angetriebene Zahnrad der Lokomotive eingreift. Damit war die erste lebensfähige Zahnbahn geschaffen, allerdings nur für den Touristenverkehr bestimmt und für kleine Zuglasten (bis 6500 kg) geeignet, letzteres deshalb, weil die größte Steigung dieser denkwürdigen 4,54 km langen Bahn 377 ‰ (1:2,5) und die durchschnittliche 240 ‰ (1:4,2) beträgt. Die beiden Endstationen haben 1093 m Höhenabstand.

Schon 1858 hatte Marsh die behördliche Bauerlaubnis zu dieser Zahnbahn erhalten. Schwierigkeiten in der Geldbeschaffung verzögerten die Ausführung um acht Jahre, und auch dann mußte mit größter Sparsamkeit gearbeitet werden. Hierdurch wird die durch die Abb. 150 bis 153 veranschaulichte eigentümliche Gleisunterstützung erklärlich. Im Sommer 1869 wurde die Bahn dem Verkehre eröffnet. Die Züge bestehen seit jener Zeit aus einer Lokomotive und einem Personenwagen mit 50 Sitzplätzen. Die Lokomotive ist nicht mit dem Wagen gekuppelt und befindet sich an dessen unterem Ende, so daß sie bei der Bergfahrt den Wagen schiebt, während sich dieser bei der Thalfahrt gegen jene lehnt. Die Festigkeit der Wagenkupplungen kommt dann nicht in Frage, was die Betriebssicherheit erhöht. Dieses Verfahren ist seitdem auf alle Lokomotiv-Steilbahnen übertragen (vergl. Abb. 94). Für die ohne Dampf, lediglich unter der eigenen Schwerkraft zu Thale gehenden Züge hatte Marsh bereits die heute noch gebräuchliche Luftgegendruckbremse (S. 228) erdacht und zur Ausführung gebracht. Gerade durch dieses Mittel wird dem Betriebe solcher Bahnen die nötige Sicherheit gegen Überschreitung der zulässigen Fahrgeschwindigkeit wirksam verliehen.

Wenige Jahre später führte der Schweizer Maschinen-Ingenieur Riggenbach (gest. 25. Juli 1899) die erste Zahnbahn in Europa aus. Es ist dies die weltbekannte, am 21. Mai 1871 bis Staffel (1600 m über dem Meeresspiegel) eröffnete Rigibahn, die mit 250 ‰ (1:4) größter und 190 ‰ (1:5) mittlerer Steigung von Vitznau (440 m über dem Meeresspiegel) aus den Rigi ersteigt (Abb. 93). Die Bahnlänge bis Rigi-Kulm beträgt 6858 m, die Zahnstange enthält 68 580 Zähne. In diesem Riesengebiß muß sich das mit 20 Zähnen ausgestattete Treibzahnrad der Lokomotive 3429 mal abwälzen, um den Zug hinaufzuschieben.

Riggenbach hatte schon 1863 ein französisches Patent auf eine Zahnradlokomotive und eine schmiedeiserne Leiterzahnstange genommen, das er für stark geneigte Bahnen zu verwerten gedachte. Er war damals Leiter der Eisenbahnwerkstätten in Olten und lernte als solcher die Schwierigkeiten kennen, die der kurz zuvor eröffnete 2530 m lange und mit 26 ‰ geneigte Hauensteintunnel (Olten-Basel) dem Zugbetriebe bereitete. Die derzeit noch leichten Lokomotiven schleuderten auf dieser Strecke oft und stark, so daß vielfache Betriebsstörungen vorkamen. Das übliche Sandstreuen zwecks Erhöhung der Schienenreibung (S. 170) half hier wenig. Dies brachte Riggenbach nach seinen eigenen Angaben auf den Gedanken, für derartig stark ansteigende Strecken Zahnstangenbetrieb zu verwerten. An die Ersteigung hoher Berge durch Zahnbahnen hat er damals noch nicht gedacht, denn dagegen spricht die ganze Kesselanordnung seiner Patentlokomotiven. Seit 1864 aber suchte er auch diese Aufgabe zu lösen und zwar durch eine Schraubenlokomotive, deren Antriebsschraube in eine Art Zahnstange eingreift. Im Jahre 1866 von einer halbjährigen Reise nach Nordamerika zurückgekehrt, auf der er die Zähigkeit der Yankees in der Verfolgung ihrer Pläne kennen lernte, fertigte er Modelle seiner Zahnrad- und Schraubenlokomotive an und führte sie mit gleicher Zähigkeit zahlreichen Ingenieuren und Geldleuten vor. Doch nirgends fand er Unterstützung in seinen für abenteuerlich gehaltenen Plänen. Das Blatt wandte sich erst zu seinen Gunsten, als 1867 durch einen Bericht des in Nordamerika thätigen Schweizer Konsuls Hitz die im Bau begriffene Zahnbahn auf den Mount Washington bekannt wurde und auch die Frage der Gotthardbahn jetzt verstärkt auftauchte. Riggenbach gab 1868 im Verein mit dem Ingenieur Zschokke eine Schrift: „Überschienung der Alpen mit Zahnradbetrieb“ heraus, in der der wirtschaftliche

94. **Wengernalpbahn mit Aussicht auf Mönch und Jungfrau.** (Größte Steigung 250‰).
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob" in Zürich.

Digitized by Google

Nutzen der Zahnbahnen nachgewiesen wurde, und baute, um ihre Brauchbarkeit praktisch klarzulegen, in der Oltener Werkstätte auf einem schrägen hohen Gerüste eine Probestrecke. Auf Anraten von Hitz wurde der Rigi für die erste Ausführung in Aussicht genommen, da dieser durch seinen regen Besuch die beste Gewähr für die Kostendeckung bot. Der Ingenieur Grüninger wurde zum Mount Washington gesandt, um die dortige Bahnanlage zu studieren. Sein eingehender Bericht hat viel zur Kräftigung des Unternehmens, sowie auf die Wahl von technischen Einzelheiten beigetragen.

Im Jahre 1869 holte Riggenbach im Verein mit seinen Berufsgenossen Zschokke und Näff die Baugenehmigung (bis Staffel) ein, worauf das Kapital von 1 Million Mark sehr bald aufgebracht war. Noch im Herbste jenes Jahres begannen die Bauarbeiten, die jedoch durch den französischen Krieg 1870/71 eine Verzögerung erlitten, da die in Ars bei Metz gewalzten Schienen von den Deutschen für Kriegszwecke beschlagnahmt und erst im Januar 1871 wieder freigegeben wurden. Im Mai desselben Jahres erfolgte dann die Betriebseröffnung bis Staffelhöhe. Da der Verkehr schnell wuchs, so mußte 1873 ein zweites Gleis von Freibergen aufwärts (Abb. 93) angelegt werden. Die Anlagekosten einschließlich der später vermehrten Ausrüstung belaufen sich auf 1842000 Mark. Von Staffel nach Kulm konnte die Bahn nicht ausgebaut werden, da die Bauerlaubnis dafür mittlerweile einer anderen Gesellschaft (Arth-Rigi) erteilt worden war. Durch Pachtvertrag wurde die Mitbenutzung des Gipfelgleises gesichert. Der Einfluß der Mount Washington-Bahn auf die Rigianlage ist unschwer zu erkennen, nur ist alles am Rigi besser durchdacht und ausgereifter. An der technischen Ausbildung der Zahnstange haben übrigens auch die beiden Professoren der technischen Hochschule Zürich, Culmann und Reuleaux durch ihren Rat bestimmend mitgewirkt und zu ihrer vortrefflichen Bauart nicht wenig beigetragen.

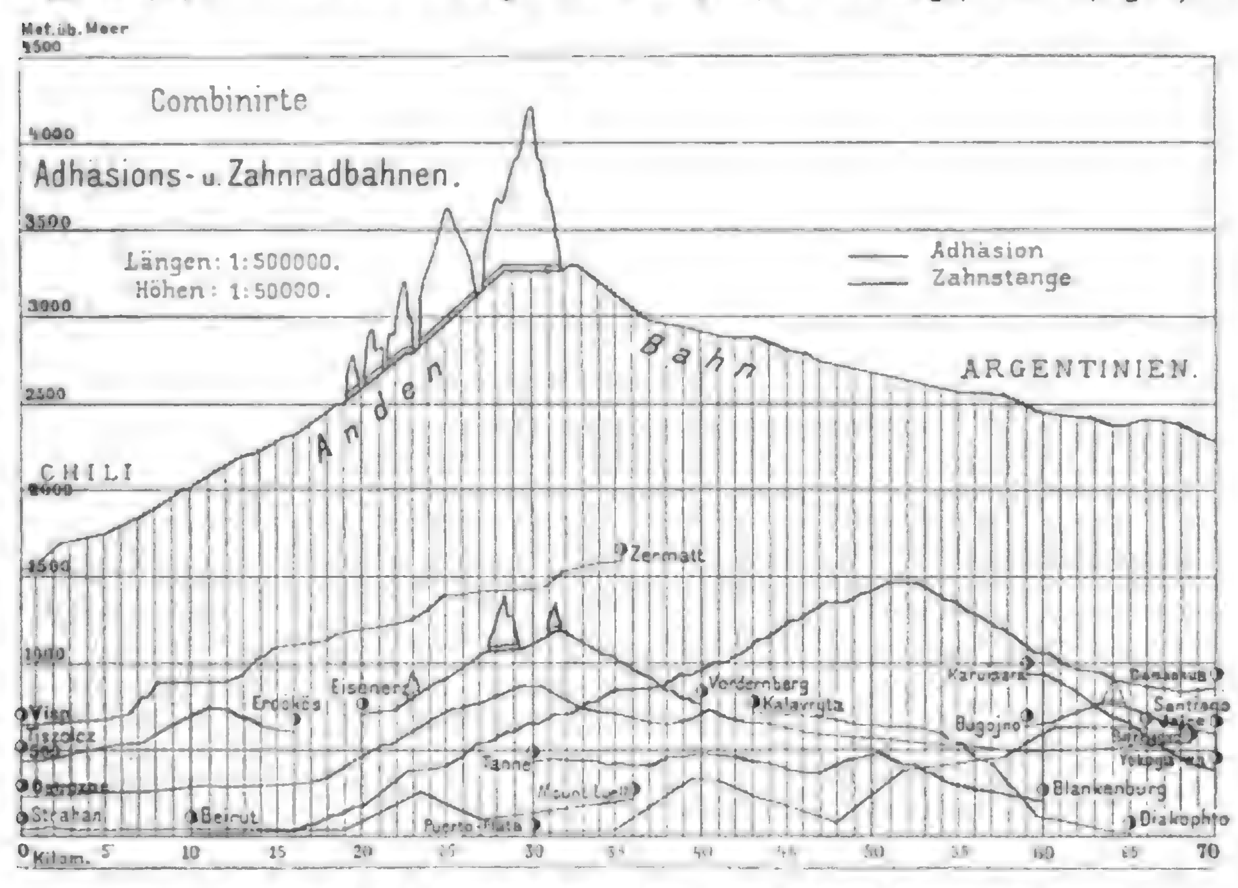
Riggenbachs Zahnbahn wurde schnell bekannt; denn nun wurde Rigi-Kulm der Mittelpunkt des Schweizer Fremdenverkehrs. Hatten ihn früher schon etwa 40000 Personen jährlich erstiegen, so verdoppelte sich diese Zahl mit Eröffnung der Bahn. In den ersten Jahren, als nur 3 Lokomotiven zur Verfügung standen, war der Andrang der Reisenden oft so stark, daß viele, darunter namentlich Engländer, vom Morgen bis zum Abend auf Beförderung geduldig warten mußten. Jetzt hat die Bahngesellschaft ihren Fahrpark auf 10 Lokomotiven und 12 Wagen mit je 54 Sitzplätzen verstärkt, und alljährlich fahren in rund 3700 Zügen 90 bis 100000 Personen allein auf dieser Bahn hinauf, um sich auf dem 1800 m über dem Meeresspiegel liegenden Gipfel der nach allen Seiten frei abfallenden Rigipyramide der schönen Rundsicht zu erfreuen. Die Auffahrt selbst mit ihrem fortwährend sich erweiternden Rundblick auf die malerischen Seen und Matten, auf die formenreichen Thäler und Berge, vor allem auf die Schnee- und Eisfelder der Hochalpen, die, je höher der Zug klettert, immer gewaltiger hervortreten, ist schon an sich ein lohnender Genuß.

Zu dem Riesenstrom der Reisenden dieser Bahn kommen dann noch etwa 40 bis 50000 Reisende der zweiten, 1875 eröffneten Zahnbahn Arth-Rigi, so daß jetzt 130 bis 150000 Personen allein durch die beiden Bahnen befördert werden. An Tagen beständiger, klarer Witterung bietet der Rigi das Schauspiel des Sonnenauf- und Unterganges in einer seltenen Pracht und Umrahmung. Dann findet eine wahre Völkerwanderung nach Rigi-Kulm statt. Es fahren in der Sonntag Nacht besondere Züge von Zürich u. s. w. über Arth nach dem Rigi, die den Fremden pünktlich zum Beginn des Sonnenaufganges auf den Kulm hinaufschaffen. Stellt sich dann die Sonne programmgemäß ein, so wird man für die Mühen der Nachtfahrt überreich entschädigt, zumal die Rundsicht vom Rigi bekanntlich in ihrer Art unerreicht dasteht.

Bei einer steilen Zahnbahn müssen naturgemäß besondere Sicherheitsmaßregeln für den Zugverkehr getroffen werden. Zahnstange und Treibrad sind aus bestem, zähem Material anzufertigen, die Gleise gegen das Abwärtswandern zu sichern (vergl. Abschnitt „Oberbau“) und die Züge mit besonders wirksamen Bremsen auszurüsten. Gewöhnlich besteht ein Zug aus Lokomotive und einem Wagen. Zur Regelung der Fahrgeschwindigkeit sowie zum Anhalten dienen in der Regel vier verschiedene Bremsen an der Lokomotive, darunter die schon genannte Luft-Gegendruckbremse, welche durch Ansaugen und Zusammenpressen von Luft in den Dampfcylindern die Thalfahrt sicher und kräftig regelt. Außer zwei Handbremsen ist meistens noch eine selbstthätige Bremse vorhanden, die ohne Zuthun des Personales in Wirksamkeit tritt, wenn die normale Fahrgeschwindigkeit von z. B. 7 km auf 10 km angewachsen ist. Auch besondere Fangklauen sind vorhanden, die die Zahnstange umfassen und ein Hochheben der Lokomotive verhindern sollen. Für viele später erbaute Bergbahnen sind die bewährten Einrichtungen der ersten Rigibahn, namentlich ihre Lokomotive und Zahnstange, vorbildlich gewesen.

Die erwähnte zweite Rigibahn auf dem Osthange des Berges ist ebenfalls von Riggenbach erbaut und hat 11,2 km Länge und wie die erstere Bahn 1435 mm Spurweite. Auf ihrer unteren, 1400 m langen Strecke hat sie nur 24 ‰ Steigung. Hier wird sie

deshalb ohne Zahnstange als Reibungsbahn mit gewöhnlicher Lokomotive betrieben. Die Verwendung zweier verschiedener Lokomotiven bei so leichten Zügen und auf so kurzer Strecke wie hier am Rigi macht den Betrieb umständlich und teuer, läßt sich aber nur dann zweckmäßig umgehen, wenn die Zahnstangenrampen weniger steil angelegt sind. In solchem Falle kann, nach Riggenbachs Vorgang im Jahre 1875*) auf der Rorschach-Heiden Bahn, gemischter Betrieb eingeführt werden, d. h. die entsprechend gebaute Lokomotive arbeitet auf den schwach geneigten Strecken als gewöhnliche Reibungslokomotive, wirkt dagegen auf den Steilrampen als Zahnradlokomotive, unterstützt durch die Reibung zwischen den glatten Treibrädern und Fahrschienen. In dieser Weise wird z. B. auch die Gebirgsstrecke Giswyl-Meiringen der 1888 eröffneten Brünigbahn betrieben (vergl. Abb. 62). Die Riggenbachschen Lokomotiven vermögen jedoch auch auf den Reibungsstrecken infolge ihrer



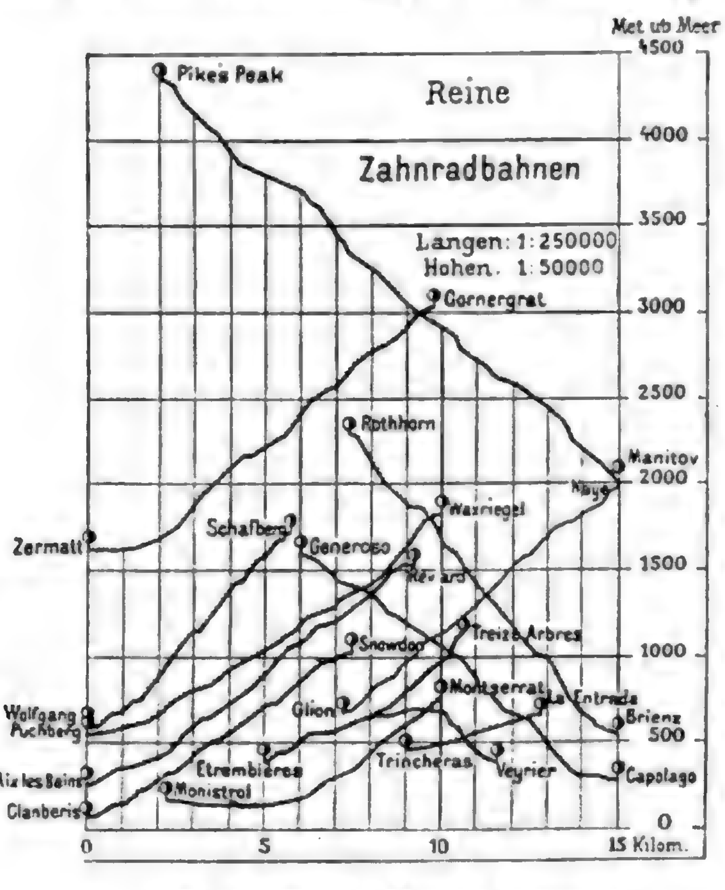
95. Längenprofile Abtscher Zahnstangenstrecken inmitten von Reibungsbahnen.

Bauart nur mit mäßiger Geschwindigkeit zu fahren, was sie für Bahnen mit starkem Verkehre weniger geeignet macht.

Es war deshalb ein erheblicher Fortschritt, als im Jahre 1882 Roman Abt in Luzern eine Lokomotive ersann, die auf der Zahnstrecke recht kräftig zu arbeiten, auf der Reibungsstrecke schnell zu fahren vermochte. Damit war die Anwendung von Zahnradbahnen auch auf Strecken stärkeren Verkehres ermöglicht. Um aber diese „gemischte" Lokomotive stets voll ausnutzen zu können, was wirtschaftliche Vorteile ergibt, ist freilich Vorbedingung, daß die Steilrampen eine gewisse, sich nach der Verkehrsstärke richtende Steigungsgrenze nicht überschreiten. Im allgemeinen kann man als ihren ungefähren Wert annehmen: 1) für stark benutzte Touristenbahnen 125 ‰, 2) für Bahnen mit lebhaftem Personen- und Güterverkehre 60 bis 80 ‰, 3) für Bahnen mit starkem Personen- und

*) Die erste vereinigte Zahnrad- und Reibungslokomotive hat Riggenbach bereits 1870 für eine $1\frac{1}{2}$ km lange Steinbruchbahn bei Ostermundingen (Bern) entworfen und ausgeführt. Die Bauart hat aber keine Nachahmung gefunden. Die Zahnstange ist hier die von Marsh. Diese Lokomotive nebst einer beweglichen Zahnstangeneinfahrt ließ sich Riggenbach 1872 in Amerika patentieren. In seinem ersten Patente von 1863 ist bereits der Gedanke zu einer solchen Lokomotivart niedergelegt.

Güterverkehre 50 ‰. Ein Beispiel für den ersten Fall ist die 35 km lange Schmalspurbahn (1 m-Spur) von Visp nach dem von Freunden erhabenster Hochgebirgswelt (Matterhorn, Gornergrat u. s. w.) so viel besuchten Zermatt im Wallis (Abb. 95). Die größte Steigung in der Reibungsstrecke beträgt 28 ‰ (1 : 36), diejenige der insgesamt 7,5 km langen Zahnstangenrampen dagegen 125 ‰ (1 : 8). Die 29 000 kg schwere Abtlokomotive befördert 45 000 kg Zuglast. Für 2) diene als Beispiel die bosnische Staatsbahn Serajewo-Konjica (76 cm-Spur.) Größte Steigung auf der Adhäsionslinie 15 ‰ (1 : 67), auf der Zahnstangenstrecke 60 ‰ (1 : 16⅔). Gewicht der Abtlokomotive 30 000 kg, das der Zuglast 75 000 kg. Ein Beispiel der dritten Art bildet die Karpathen-Bahn Tiszolcz-Zolyom brezo (1435 mm-Spur). Größte Steigung auf der Reibungslinie 22 ‰ (1 : 45), auf den Steilrampen 50 ‰ (1 : 20). Lokomotivgewicht 71 000 kg, Zuglast 175 000 kg bei 10 km stündlicher Fahrgeschwindigkeit auf der Zahnstrecke.



98. Längenprofile Abtscher Zahnbahnen.

Abts Verdienst um die Entwickelung der Zahnbahnen beschränkt sich übrigens nicht auf die Lokomotive allein, sondern erstreckt sich auch auf die Zahnstange und Weichenanordnung (vergl. Abb. 155 bis 158). Öffentliche Anerkennung wurde ihm hierfür durch Verleihung des seitens des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen für Verbesserungen im Eisenbahnwesen ausgesetzten ersten Preises.

Die erste gemischte Bahn nach Bauart Abt ist die 1885 eröffnete 30½ km lange Harzbahn Blankenburg-Tanne. Ihre insgesamt 7 km langen Steilrampen haben 60 ‰ (1 : 16,6) Steigung. Seitdem sind 32 Bahnen Abtscher Bauart (ohne die Seilbahnen mit Abtscher Zahnstange) in Betrieb gesetzt, darunter 12 reine Zahnlinien (vergl. Abb. 95 u. 96), während nach Bauart Riggenbach 41 Bahnen, davon 19 mit reinem und 22 mit gemischtem Betriebe, sowie 20 Seilbahnen ausgeführt sind. Auch Bissinger (Höllenthalbahn im Schwarzwald, Abb. 82), Klose (St. Gallener Bahn), Telfener (Valombrosabahn in Italien), Strub (Jungfraubahn) und andere haben sich um die Ausbildung der Zahnbahnen bemüht.

Zahnbahnen in Verbindung mit Reibungsstrecken finden sich in fast allen Weltteilen. In Australien, in Japan, in den Silberminen Mexikos, in Sumatra und in vielen anderen Ländern vermitteln sie Personenverkehr und Güteraustausch. Sie werden zum Segen einer Gebirgsgegend, die ohne sie den Anschluß an andere Bahnen noch lange entbehren müßte und weltabgeschieden bliebe. Werden sie wie die Harzbahn, die bosnischen Staatsbahnen u. s. w. angelegt und betrieben, so vermögen sie unter Ersparnis wesentlicher Anlagekosten einen namhaften Verkehr zu bewältigen, zumal sie das Befahren mit Wagen etwa benachbarter gleichspuriger Reibungsbahnen gestatten.

Ob eine längere Reibungsbahn oder eine kürzere, aber steilere Zahnstangenlinie vorzuziehen ist, hängt von der Geländebildung, den Anforderungen des Verkehres u. s. w., auch von militärischen Rücksichten ab und kann nur durch rechnerische Untersuchung bezüglich der wirtschaftlichen Gesichtspunkte an der Hand genauer Pläne beantwortet werden.

Finanziell ist diejenige Bahn vorteilhaft, die für die vorliegende Verkehrsstärke die geringste Summe für Verzinsung und Abschreibung des Anlagekapitals, sowie für unmittelbare Betriebskosten einschließlich Unterhaltung ergibt.

Ein bemerkenswertes Beispiel hierfür bildet die Bahn Beirut-Damaskus. Ihre eigentliche Gebirgsstrecke am Libanon ist 62 km lang, wovon 30 km als Reibungsbahn mit 25 ‰ größter Steigung, 32 km als Zahnbahn – verteilt auf 30 Rampen – mit 70 ‰ angelegt sind. Diese 62 km haben rund 8 Millionen Mark gekostet. Hätte man die Gebirgslinie durchweg als Reibungsbahn mit 25 ‰ Steigung gebaut, so wäre sie 112 km lang geworden und hätte etwa 12 Millionen Mark gekostet. Bei dieser wesentlich größeren Länge wären aber die Betriebskosten gerade so hoch ausgefallen, wie für die genannten 62 km. Die Zahnstange hat also hier eine namhafte Ersparnis ergeben.

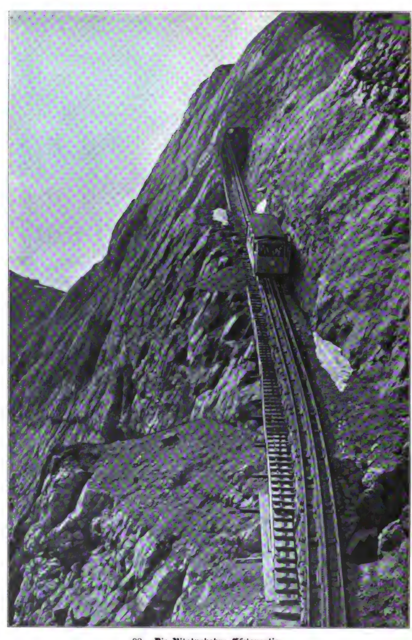
97. **Erste elektrische Zahnbahn auf den Mont Salève bei Genf (Etrembières-Treize Arbres).**
Zuführung des elektrischen Stromes durch eine erhöht liegende Seitenschiene.
(Größte Steigung 250 ‰, kleinste Krümmung 35 m Halbmesser, Spurweite 1 m.)

Nicht minder lehrreich ist auch die normalspurige 20 km lange Bahn Vordernberg-Eisenerz. 5,5 km sind als Reibungsbahn mit 25 ‰ größter Steigung ausgebaut, 14,5 km dagegen sind mit der Zahnstange belegt und weisen Steigungen bis 71 ‰ auf. Die Baukosten betrugen ungefähr 9 Millionen Mark, während die einer Reibungsbahn sich auf rund 20 Millionen Mark berechneten.

Durchgangslinien für den großen Verkehr wird man zweckmäßig wohl stets als Reibungsbahnen ausbauen, wie ja solche auch am Semmering, Brenner, Mont Cenis, St. Gotthard, im Schwarzwald u. s. w. zur Ausführung gelangt sind. Kleinere, durch Gebirgszüge voneinander getrennte Gebiete, welche durch den Schienenweg miteinander verbunden und unter Umständen auch an Durchgangslinien angeschlossen werden sollen, eignen sich für den gemischten Betrieb, namentlich auch Länder wie Griechenland, die Türkei, Kleinasien, Japan, Südamerika u. s. w.

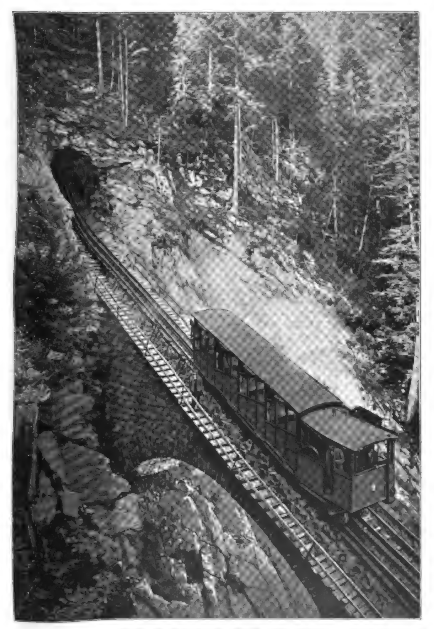
Bei reinen Zahnbahnen ohne eingeschaltete Reibungsstrecken handelt es sich naturgemäß stets um kleine Zuglasten und geringe Fahrgeschwindigkeiten — 5 bis 8 km in der Stunde. — Hier liegt die obere Steigungsgrenze zweckmäßig bei etwa 250 ‰. Darüber hinaus ist man selten gegangen: mit 260 ‰ bei der Zahnbahn auf den Peters-

Digitized by Google



98. Die Pilatusbahn: Eselspartie.
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob“ in Zürich.

Digitized by Google



99. Die Pilatusbahn: Die Wolfsschlucht.
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob“ in Zürich.

Digitized by Google

berg (Siebengebirge), mit 300 ‰ in den Green Mountains (Nordamerika) und der Corcovadobahn in Brasilien, mit 377 ‰ bei der schon genannten Mount Washington-Bahn. Steigungen über 300 ‰ empfehlen sich nicht, da sonst bei der Thalfahrt, namentlich bei schnellem Bremsen, der sichere Eingriff des Zahnrades in die Zahnstange gefährdet und damit eine Entgleisung herbeigeführt werden kann.

Will man eine steilere Bahn zulassen, so muß man von der Zahnstange mit aufrechtstehenden Zähnen Abstand nehmen und eine solche mit liegenden Zähnen — Fischgrätenanordnung — wählen, in die dann von beiden Seiten liegend angeordnete Zahnräder der Lokomotive eingreifen. Diese Zahnstange gestattet selbst senkrechte Förderung. Sie wurde für Steilbahnen bereits 1868 von Stehlin-Basel in Vorschlag gebracht, der sie aus der Fellschen Anordnung (Mittelschiene mit vier wagerechten Druckrollen) ableitete.

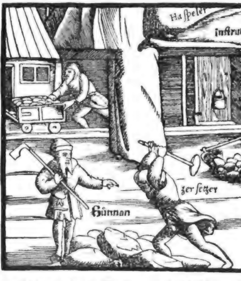
Die liegende Zahnstange wurde zum erstenmal 1886/88 von dem Ingenieur Locher bei der Pilatusbahn nach Abb. 155 zur Ausführung gebracht. Die stärkste Steigung beträgt hier 480 ‰, das ist fast 1 : 2, das höchste, was bis jetzt für Zahnbahnen zugelassen ist und auch wohl nicht mehr übertroffen werden wird. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt hier 1 m in der Sekunde, also nur 3,6 km in der Stunde, und zwar bergauf wie bergab. Da nach früher Erläutertem auf so stark ansteigender Bahn je 1000 kg Last allein zum Heben bereits 480 kg Zugkraft, das sind 48 % oder rund $^1/_2$ der geförderten Last, erfordern, so muß man das Eigengewicht der Fahrzeuge, die sogenannte tote Last, möglichst gering halten. Zu dem Zwecke hat man hier den Wagenkasten auf das verlängerte Radgestell der Lokomotive gestellt (Abb. 230). Die tote Last wiegt 9200 kg, die Nutzlast (34 Reisende) etwa 2400 kg, während die Lokomotive eine Zugkraft bis 6500 kg leisten muß, das ist fast dreimal so viel wie das Gewicht der Nutzlast! Man ersieht hieraus, daß sich der Betrieb steiler Bahnen auch nur bei hohen Fahrpreisen lohnen kann, zumal jener meistens auf die gute Jahreszeit beschränkt bleibt und die Anlagekosten hohe sind. Die mit nur 80 cm Spurweite angelegte 4,5 km lange Pilatusbahn hat rund 1 520 000 Mark gekostet. Neun Lokomotiven versehen den Dienst. Nächst der Rigi- und Gornergratbahn verdient diese Linie unter den europäischen Bergbahnen den Vorzug. An Großartigkeit der Anlage und in technischer Hinsicht gebührt aber der Pilatusbahn der Vorrang, wie auch schon die Abb. 98 u. 99 ohne weiteres erkennen lassen dürften.

In Bezug auf Höhengewinn werden alle drei allerdings von der Pike's Peak-Bahn in Colorado weit übertroffen. Während der Rigi bis 1750 m, Pilatus bis 2070 m, Gornergrat bis 3018 m über dem Meeresspiegel mit der Zahnstange belegt ist, die Jungfrau demnächst bis 4075 bezw. 4166 m durch sie erklommen werden soll, ersteigt seit 1890 die vorgenannte amerikanische Zahnbahn in 15 km langer Linie mit 1435 mm Spurweite und 250 ‰ größter Steigung auf Abtscher Zahnstange den 4320 m über dem Meeresspiegel gelegenen Bergesgipfel, seinen Besuchern oft eine wunderbare Rund- und Fernsicht bietend, aber manchen von ihnen auch die arg zusetzende Bergkrankheit (S. 102) bescherend.

Vor 90 Jahren ein fehlgeschlagener Versuch Blenkinsops, bildet in unseren Tagen die Zahnstange ein viel benutztes Mittel, sowohl Güterlasten über der Gebirge Rücken zu befördern, als auch die für die schöne Gottesnatur schwärmende Menschheit mühelos zu der Berge lichten Höhen hinaufzuführen und ihr Genuß und Freude an der unvergleichlichen, nie den Reiz der Neuheit verlierenden Hochgebirgswelt zu verschaffen. Die genialen Pioniere aber, die mit ihrer Hilfe dem auch von ihnen neugestalteten Dampfroß den sicheren Weg über die steilen, noch so hohen Felsenhänge ermöglicht haben, sind, wie wir sahen, Marsh, Riggenbach und Abt. —

Oberbau.

Eisenbahnen sind Spurbahnen. Verschiedentlich findet man in der Litteratur ihre Anfänge zurückverfolgt bis in die graue Vorzeit, als die Ägypter ihre Pyramiden, die Inder ihre Riesentempel bauten und die alten Griechen ihre Opferfeste und nationalen Volksspiele feierten. Bei jenen Völkern sehen wir allerdings schon Spurwege, d. h. durch Plattenreihen gebildete Fahrbahnen oder in Stein gearbeitete Rillen, auf bezw. in denen am Nil Lastfuhrwerke, im Hellas Fest- und Opferwagen sich bewegten. Die in den felsigen Berghängen Griechenlands erhaltenen Spurwege zeigen in der Umgebung von Delphi, Eleusis u. s. w. eine Tiefe von 5 bis 7 cm; sie sind an verschiedenen Stellen sogar mit regelrechten Ausweichrillen versehen. Dieses scheint auf eine künstliche Herstellung hinzudeuten, wenngleich es noch wahrscheinlicher sein wird, daß alle diese Rillen durch natürliche Abnutzung hervorgerufen wurden. Auch in unserer Zeit sehen wir derartige Rillenbildungen vor sich gehen. So zeigte beispielsweise eine verkehrsreiche Londoner Straße, welche mit Granitplatten belegt worden war, schon nach drei Jahren die Rillenspur. Die Wegeanlagen der Alten gerieten mit dem Verfall jener Völker in Vergessenheit und können daher nicht als die Vorläufer der späteren eisernen Spurbahnen angesehen werden. Als solche könnten eher schon die im Mittelalter in den deutschen Bergwerken, im Elsaß, Harz, in Sachsen und anderen Orten benutzten Holzgleise betrachtet werden, wie dies auch zahlreiche Schriftsteller thun. Derartige Holzbahnen bestanden aus zwei Längsbalken, die in gleichem Abstande voneinander auf Querhölzern befestigt und an manchen Orten zur Schonung des Holzes entweder in ganzer Länge oder nur in den Krümmungen mit Eisenstreifen beschlagen waren. Auf ihnen wurden die kleinen Erz- und Kohlenwagen, Hunde genannt, durch Menschenkraft geschoben (Abb. 100). Außer Sebastian Münster überliefert uns die allgemeine Anordnung dieser Bahnen unter Beifügung von Abbildungen das „Bergwerksbuch“ von Ettonhardi (1556), sowie das von Agricola (Chemnitz 1557). Hier ist von einem Reibnagel die Rede, durch den die Wagen in den dunklen Stollen und Gängen der Berge sicher geführt wurden.



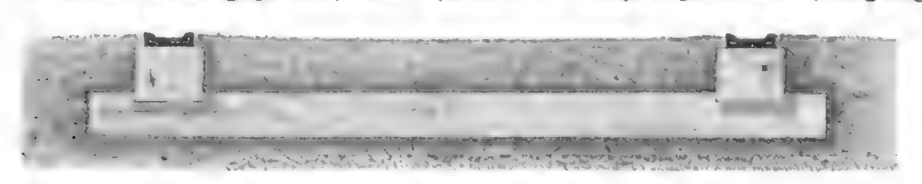
100. Holzbahn in einem deutschen Bergwerke des 16. Jahrhunderts. Aus der Cosmographey von Sebastian Münster, 1550.

Eine der ursprünglichsten Gleisarten — hölzerne Laufbahn ohne jegliches Eisen — steht noch heute in der Apostelgrube Brad-Siebenbürgen in Benutzung. Rundstämme bilden die Schienen, auf denen plumpe „Hunde“ laufen, deren kleine, aber breite Räder (richtiger Rollen) zwecks Spurhaltens in der Mitte ausgekehlt sind. Die Weichen besitzen nur eine Zunge (um einen Endpunkt drehbares Rundholz), sind also von denkbar einfachster Bauart. Die Bewegung der Hunde erfordert wegen der starken Reibung und der kleinen Laufrollen große Kraftanstrengung. Das Osnabrücker Gleismuseum besitzt eine derartige alte, aus Ungarn stammende Weiche mit Karren.

Damals stand der deutsche Bergbau in hoher Blüte und überragte weit den englischen bis zu dem für Deutschlands Wohlfahrt und Gewerbethätigkeit so verhängnisvollen Dreißigjährigen Kriege. Deutsche Bergleute wurden Ende des 16. Jahrhunderts nach England berufen, um dort nach deutscher Art die Kohlengewinnung in den reichen Kohlenfeldern einzurichten. Damit wurden die Holzbahnen in Englands Bergwerken bekannt und verbreitet. Sie wurden später auch — vielleicht von hier entlehnt, wahrscheinlicher aber von anderer Seite selbständig erdacht — als einfache Bohlenbahn in den Straßenkörper gelegt, um die Fortschaffung von Wagen- und Karrenlasten zu erleichtern. Auf ihnen wurden durch Zugtiere Kohlen von einzelnen Orten des seeumgürteten Inselreiches bis an die Küste zu den Frachtschiffen geschafft. Auch in den Straßen der Städte der englischen Kohlenreviere und deren Umgebung finden wir bald hölzerne Spurwege für die Lastwagen. Abb. 101 zeigt eine solche Holzbahn, wie sie im 17. und 18. Jahrhundert in größerer Ausdehnung in der noch heutigestags durch ihren ungemein großen Kohlenversand berühmten Gegend von Newcastle-on-Tyne in Benutzung stand. Diese Kohlenbahnen wurden das Vorbild der Eisenbahnen. Für die verkehrsreicheren Wege nahm man in der Folge Längsbalken statt der Bohlen und verkämmte sie der Spurerhaltung wegen auf Querschwellen. Auch legte man die Langhölzer wohl in ganzer Breite etwas vertieft in das Straßenbett, so daß beiderseits vorstehende, durch Bohlen begrenzte Ränder gebildet wurden, die den Rädern der schweren Kohlenkarren zur Führung dienten.

101. Holzbahn zu Newcastle-on-Tyne im 17. bis 18. Jahrhundert.

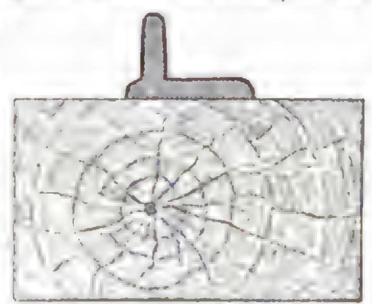
Aber alle diese Holzbahnen, so kräftig man sie auch zuletzt baute, erwiesen sich infolge ihrer Abnutzung und Vergänglichkeit doch recht teuer. Da kam, wie Nicholas Wood in einer 1825 erschienenen „Abhandlung über Eisenbahnen" angibt, Reynolds, Mitbesitzer der Coalbrookdale-Eisenwerke, 1767 auf den Gedanken, die Langhölzer einer Bahn versuchsweise mit gußeisernen Platten belegen zu lassen. Der Preis des Gußeisens stand damals gerade sehr niedrig, und die Eisenwerke verfügten über große Lagerbestände. Es wurden ⊔-förmige Platten von etwa $1\frac{1}{2}$ m Länge, 11 cm Breite und $3\frac{1}{2}$ cm Dicke gegossen; jede hatte drei Löcher zwecks Befestigung auf den Längshölzern (Abb. 102). Der Versuch brachte einen vollständigen Erfolg. Die eiserne Spur war nicht nur widerstandsfähiger gegen Abnutzung, sondern zeigte auch eine geringere Reibung, so daß man mit einem Pferde größere Lasten als vordem und dabei noch schneller befördern konnte. Die ersten Eisenbahnen waren geschaffen!



102. Reynolds' gußeiserner Schienenbelag, 1767.

Die Schienenplatten fanden bald weitere Verbreitung. Sie hatten allerdings den Übelstand, daß wegen ihrer niedrigen Ränder die Wagen leicht von der Spur abkamen. Um dieses zu vermeiden, stellte Curr 1776 für die Spurbahnen der Sheffielder Zechen gußeiserne Winkelschienen her (Abb. 103), deren senkrechter Rand das Entgleisen wirksam verhinderte. Auf manchen Bahnen lag dieser Rand nach innen, auf anderen umgekehrt an der Außenseite. Anfangs lagen auch diese Schienen in ganzer Länge auf den Langhölzern auf, bis man beim Ersatz derselben an einzelnen Stellen durch Querhölzer zufällig entdeckte, daß diese eine genügende Unterstützung der Schienen abgaben: der Querschwellenoberbau mit freitragenden Schienen war gefunden (Abb. 104). Noch

heute sind derartige Schienenwege in einigen Gegenden Englands für Kohlenbahnen im Gebrauche. Sie haben den Vorteil, daß die Lastwagen ohne weiteres auch auf gewöhnlicher Straße laufen können. Dieses hörte zwar auf, als im Jahre 1789 Jessop die in Abb. 105 wiedergegebene Form einführte, in der wir unschwer einen Vorläufer der heutigen Eisenbahnschiene erkennen können, sowohl was den verdickten Kopf als den hohen, tragfähigen Steg anbetrifft. Dafür war aber eine Schiene für größere Wagenlasten geschaffen. Infolge des pilzartigen Kopfes mußten die Räder die Führung des Fahrzeuges im Gleise allein übernehmen, daher einen überragenden Rand — Spurkranz — erhalten.



103. Currs gußeiserne Winkelschiene, 1776.

Um das Gleis noch kräftiger zu gestalten, gab Jessop dem Stege später Fischbauchform, und weil die breiten Fußenden im Betriebe leicht brachen, ließ er diese fort und legte die Schienenenden in gußeiserne, auf den Schwellen festgelagerte Stühle, in denen sie durch Schraubbolzen sicher gehalten wurden. — Statt der Holzschwellen versuchte man es bald mit den haltbareren Steinwürfeln und kam so im Jahre 1798 zu der in Abb. 106 dargestellten Anordnung*). Die Abbildung, in der der Deutlichkeit wegen die Bettung zwischen den Steinwürfeln fortgelassen ist, wurde nebst einigen anderen Abbildungen dieses Abschnittes Findlays „Betrieb und Leitung einer englischen Eisenbahn“ entnommen. Wir haben hier bereits ein sehr durchgebildetes Gleis vor uns, das noch im Jahre 1825 für die halbe Länge der Stockton-Darlingtoner Bahn Verwendung fand, während für die andere Hälfte auf G. Stephensons Vorstellungen hin schmiedeiserne Fischbauchschienen verlegt wurden. Jessops Erfindung hatte eine völlige Umwälzung in der Anlage der Eisenbahnen im Gefolge. Sie war gleichsam eine „technische Revolution“, in ihren Wirkungen ebenso bedeutungsvoll wie die gleichzeitig vor sich gehende politische. Sie schuf eine Fahrbahn, die dem Lastenverkehr so große Vorteile bot, daß ihre Verbreitung und Nutzanwendung für Betriebe mit Pferden, Seil u. s. w. von Anfang an sicher gestellt war. Auch wenn in den nächsten Jahrzehnten die Dampflokomotive noch nicht erfunden worden wäre, würde sich Jessops Eisenweg doch nach allen Hauptverkehrsgegenden Bahn gebrochen haben. Die Lokomotive dagegen hätte ohne das Gleis niemals nennenswerte Bedeutung gewonnen. Darum waren auch alle die in den Jahren 1820—30 besonders lebhaft vor sich gehenden Bemühungen auf Schaffung einer brauchbaren Straßenlokomotive, auch Dampfwagen, Dampfkutsche genannt, von vornherein aussichtslos. Lokomotive und Gleisbahn sind, wie schon in der Einleitung S. 77 erwähnt, unzertrennlich voneinander.

104. Currs Schienenweg, 1776.

105. Jessops gußeiserne Pilzschiene, 1789.

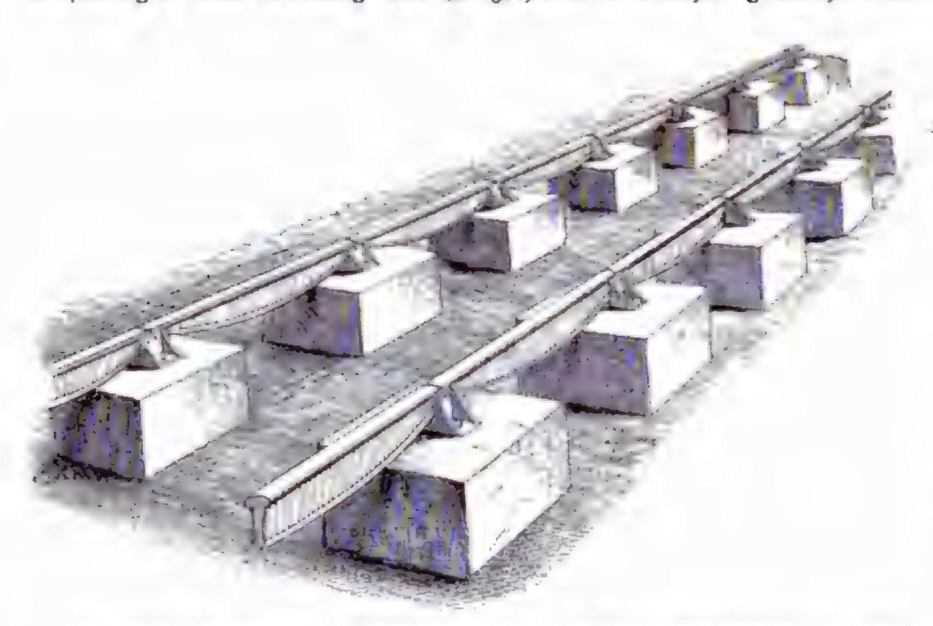
Mit der gußeisernen Fischbauchschiene ist der erste Abschnitt in der Entwickelung der Eisenbahnen abgeschlossen. Der folgende betrifft neben dem Ersatze der gußeisernen Schiene durch die schmiedeiserne die Einführung der Dampfkraft, der

*) Auch die Curr-Schiene ist um 1800 auf Steinwürfeln verlegt worden und zwar auf der Merthyr-Tydvil-Bahn in Wales. Das weiter unten näher genannte Osnabrücker Gleismuseum enthält ein Stück dieses Oberbaues, auf dem 1804 R. Trevithik seine im folgenden Abschnitte besprochene Lokomotive versuchte.

Digitized by Google

letzte die Ausbildung der Lokomotive und Gestaltung des Gleises in seinen heutigen Formen mit Stahlschienen und Eisenschwellen.

Die Steinwürfelunterstützung der Abb. 106 hat in den ersten Jahrzehnten der Lokomotiveisenbahnen ausgedehnte Anwendung gefunden, in Deutschland hat sie sich auf einigen Linien bis 1880 erhalten. Dem modernen Eisenbahnverkehre sind die Einzelunterlagen nicht gewachsen. Bei den hohen Fahrgeschwindigkeiten und großen Radlasten unserer Zeit sichern sie nicht genügend die Gleislage und verursachen zudem viele Unterhaltungskosten; auch fährt es sich hart und geräuschvoll auf ihnen. Ehe man in England die Steinwürfel endgültig aufgab, klärte man dort die Frage durch einen gründlichen praktischen Versuch. Nach Clark, „Railway Machinery“, welcher Quelle auch die Abb. 120, 127 u. 141 entstammen, wurde auf einem Abschnitte der Leeds-Manchester Bahn der Felsgrund geebnet und unmittelbar auf ihm die gußeisernen Stühle wie bei den Einzelwürfeln verlegt. Auf dieser festen starren Bahn fuhr es sich aber so hart und unangenehm, litten Gleis und Fahrzeuge so stark, daß dieses Felsbett sehr bald durch Aufbringen von Bettung und Holzschwellen weicher gemacht werden mußte. Ebenso sind aus gleichem Grunde auch Versuche mit Mauerkörpern als Unterlagen fehlgeschlagen.



106. Jessops gußeiserne Fischbauchschiene auf Steinwürfelunterlage, 1798.

Bereits im Jahre 1803 hatte Nixon auf einer Zechenbahn bei Newcastle-on-Tyne schmiedeiserne Schienen von quadratischem Querschnitte und zwei Fuß*) = 61 cm Länge in Anwendung gebracht, die zwar haltbar sich erwiesen, aber Durchbiegungen zeigten und dadurch den Widerstand der Fahrbahn erhöhten. Erst als Berkinshaw, Ingenieur der Bedlington Eisenwerke, 1820 das Schienenwalzen erfand — der eigentliche Walzprozeß war seit langem bekannt, beschränkte sich jedoch nur auf rechteckige Eisenstäbe — und Pilzschienen in Länge von 12—15 Fuß englisch anfertigen konnte, war die Möglichkeit gegeben, ein tragfähiges, dauerhaftes Gleis für Lokomotivbetrieb herzustellen. Die Walzschienen stellten sich anfangs nicht billig, zumal man in England an der für Gußeisen bewährten Fischbauchform festhielt. Diese konnte aber durch den Walzprozeß nicht erzeugt werden, mußte vielmehr nachträglich durch Handarbeit aus dem wahrscheinlich mit gleichbleibender Höhe gewalzten Schienenstabe erstellt werden, wie dies Haarmann, Generaldirektor des Osnabrücker Stahlwerkes, in seinem 1891 erschienenen Buche „Das Eisenbahngeleise“ nachgewiesen hat. In dem von ihm gegründeten reichhaltigen Oberbaumuseum dieses Werkes, das eine nahezu vollständige Zusammenstellung der meisten bis jetzt in Benutzung gewesenen wichtigeren Oberbauanordnungen enthält und ohne gleichen dasteht, das auch auf der Weltausstellung in Chicago wohlverdiente Anerkennung fand, ist ein Fischbauchschienenstück aus dem ältesten Gleise der Stockton-Darlington-Bahn (eröffnet 1825) enthalten. Seine Beschaffenheit deutet nicht auf alleinige Herstellung im Walzprozeß, vergl. auch Abb. 107 u. 108. Neben der größeren Haltbarkeit besaß die 4,57 m lange schmiedeiserne Schiene den großen Vorteil, daß bei

*) 1 Fuß englisch = 0,305 m.

Digitized by Google

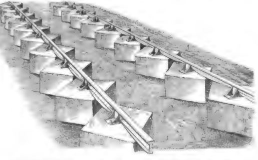
ihr die Zahl der Schienenverbindungen — Schienenstöße — auf $^1/_4$ der Zahl bei gußeisernen Schienen sank, was das Fahren ganz wesentlich verbesserte und Schienen wie Räder mehr schonte.

Trotzdem hatte G. Stephenson, wie schon erwähnt, nur mit Mühe die Verwendung der Walzschiene durchsetzen können. Die Erfahrung gab ihm sehr bald recht, und die von ihm erbaute, im Herbste 1830 eröffnete 48 km lange Liverpool-Manchester Bahn erhielt einen vollständig schmiedeisernen Schienenstrang. Die Abb. 108 u. 109 veranschaulichen das Eigentümliche dieses Gleisbaues: diagonal gelegte Steinwürfel, auf denen die gußeisernen Stühle mittels Holzdübel und Bolzen befestigt sind, während die 4,57 m langen Schienen in den Stühlen durch schmiedeiserne Keile festgehalten werden. Auf Dämmen und in nachgiebigem Gelände waren die Steinunterlagen durch eichene Querschwellen ersetzt, um die gleichmäßige Höhenlage beider Schienen zu sichern. Das Schienengewicht war auf 17,3 kg für das laufende Meter erhöht, während auf der Stockton-Darlington Bahn nur 13,9 kg/m schwere Schienen lagen. Die Fischbauchform von Stuhl zu Stuhl war übrigens bei diesen langen Schienen verfehlt, denn sie setzt die gleiche Höhenlage aller eine Schiene stützenden Stühle voraus. Diese Bedingung läßt sich aber in der Praxis, zumal bei den Steinwürfeln, dauernd nie erreichen, ein Verbiegen der Schienen ist die Folge. Bei den nur von Stuhl zu Stuhl reichenden gußeisernen Schienen war die Fischbauchform ganz am Platze.

107. Berkinshaws gewalzte und bearbeitete Schiene, 1820.

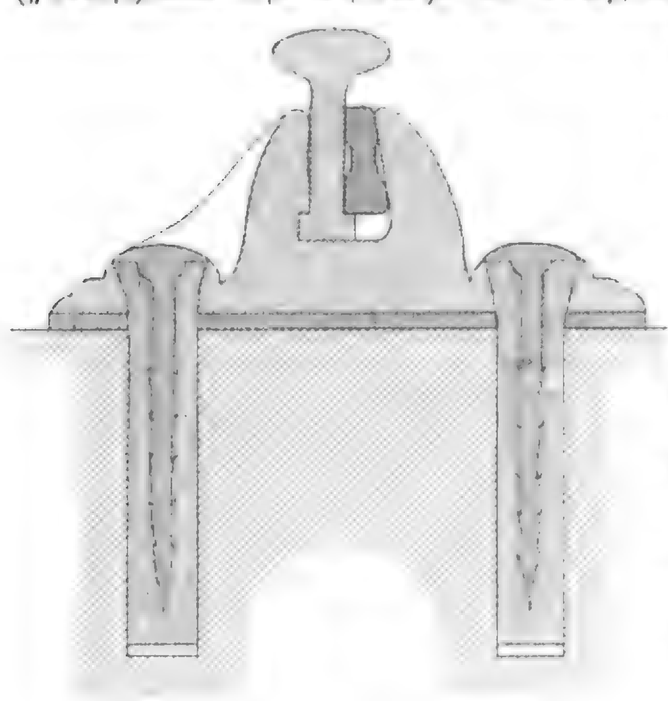
108. Schmiedeiserne Fischbauchschiene der Liverpool-Manchester Eisenbahn, 1830.

Die Fischbauch-Pilzschiene, welche auch auf der ersten europäischen Festlandbahn Brüssel-Mecheln, verlegt worden war, wurde denn auch bald verdrängt durch die Pilzschiene von gleichbleibender Höhe, deren Unterkante jedoch zur Verstärkung ihrer Widerstandsfähigkeit und zum Schutze gegen Herausheben der Schienen aus den Stühlen mit einer Verdickung oder auch zwecks besserer Befestigung in den Schienenstühlen mit beiderseits des Steges angewalzten Leisten versehen waren. Diese Schienen bedurften keiner Handarbeit mehr, waren daher weit billiger. Sie wurden auf der ersten deutschen Eisenbahn von Nürnberg nach Fürth verlegt und zwar ganz nach Art des oben geschilderten Oberbaues der Abb. 108, nur mit dem Unterschied, daß in Abständen von 300 bayrischen Fuß = 87,6 m eine 2 m lange Steinquerschwelle von stärkerem Querschnitt nach Abb. 111 unter dem Schienenstoße eingebettet wurde. Die Schienenlänge betrug 15 bayerische Fuß = 4,38 m. Die Schienen waren in gußeisernen,



109. Schienenweg der Liverpool-Manchester Eisenbahn, 1830.

4—4,8 kg schweren Stühlen nach Abb. 110 durch Eisenkeile gehalten, die Stühle selbst mittels geteerter Filzunterlagen auf den Steinen elastisch gelagert und durch Holzdübel und Spitzbolzen mit Widerhaken befestigt. Abb. 110 u. 111 geben nach Scharrer („Deutschlands erste Eisenbahn mit Dampfkraft", 1836) die bemerkenswerten Einzelheiten dieses Oberbaues wieder. Zwischen den Schienen war die Bettung abgepflastert, da anfangs die Bahn mit Pferden betrieben wurde. Die Schienen wogen nur 11 kg/m. Sie waren auf dem Remyschen Walzwerke in Rasselstein bei Neuwied angefertigt und sind somit die ersten in Deutschland gewalzten Eisenbahnschienen. Auch die gußeisernen Stühle und die Eisenkeile nebst den Nägeln wurden auf heimischen Werken hergestellt. Nur die Lokomotive war aus England bezogen (S. 79); sie wog 6000 kg. Bei diesen schwachen Radbelastungen zeigte sich der Oberbau recht dauerhaft. Seine Pilzschienen fanden aber trotzdem auf der nächsten deutschen Bahn — der von Leipzig nach Dresden — keinen Eingang. Hier wählte man vielmehr für einen Teil der Strecke Holzquerschwellen und die weiter unten genannte Stevenssche Breitfußschiene, den anderen Teil belegte man mit hölzernen Eichen-Langschwellen, auf denen nach Abb. 112 eine schmiedeeiserne Flachschiene befestigt wurde: billig und schlecht! Diese Bauart erwies sich denn auch als sehr mangelhaft und wurde bald wieder beseitigt. — Die Eisenbahn von Braunschweig über Wolfenbüttel nach Harzburg hatte ebenfalls auf ihrem letzten Abschnitte eine solche Gleisanordnung. Sie genügte, solange Pferdebetrieb bestand, sobald aber Anfang der 40er Jahre die Züge durch Lokomotiven befördert wurden, offenbarte sich ihre Schwäche und sie mußte baldigst beseitigt werden. Diese Erscheinung zeigte sich wieder 1866 bei der Zahnbahn auf den Mount Washington (Abb. 151).



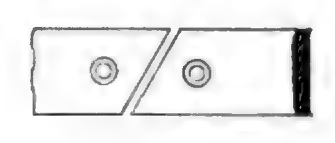
110. Schienenbefestigung der Eisenbahn Nürnberg-Fürth, 1835.

111. Oberbau der Eisenbahn Nürnberg-Fürth, 1835.

In Amerika hat der hölzerne Langschwellenoberbau mit Flachschienenbesatz ausgedehntere Anwendung gefunden. Holz hatte man dort im Überfluß, Eisenschienen waren aber recht teuer, da sie derzeit noch aus England bezogen werden mußten. Zudem war bekanntlich in den Anfängen des Eisenbahnwesens Geld für Bahnbauten sehr schwierig zu beschaffen. Der Vertreter jeder neuen Bahnanlage hatte mit einer Welt voller Vorurteile zu kämpfen.

Kein Wunder, daß man bestrebt war, möglichst billig zu bauen. Erfahrungen darüber, ob die Anlage auch langen Bestand haben würde, fehlten derzeit. Nach Ringwalts „Transportation Systems in the United States“ war 1840 die schmiedeeiserne Flachschiene die vorherrschende in den Vereinigten Staaten von Amerika. Sie liegt noch jetzt, allerdings durch recht kräftige hölzerne Lang- und Querschwellen gestützt, auf einigen verkehrsarmen Strecken der Savannahbahn (Georgia). Trotz der großen Mängel dieser Flachschienen verschaffte sich die Schiene mit hohem Steg nur langsam drüben Eingang.

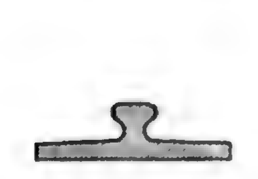
Anfang der 30er Jahre ließ der Amerikaner Robert Stevens, Sohn des weiter unten in der Geschichte der Lokomotive genannten John Stevens, auf einem englischen Walzwerke eine ganz neue Schienenform für die Camden-Amboybahn herstellen. Sie hatte im oberen Teile Pilzform, die Unterkante war jedoch zu einem breit ausragenden Fuße ausgestaltet, der eine unmittelbare Befestigung (ohne Stühle) auf den Schwellen gestattete. Es ist dieses die erste „Breitfußschiene“ (Abb. 113). Sie war etwa 20 kg schwer auf 1 m Länge und wurde, wie noch jetzt gebräuchlich, durch sogenannte Hakennägel (Abb. 129) auf den Schwellen oder Steinunterlagen festgehalten. Der Engländer Vignoles, dem gemeiniglich, aber mit Unrecht, die Erfindung der breitfüßigen Schiene zugeschrieben wird, führte einige Jahre nach Stevens die in Abb. 114 dargestellte Schiene, die der vorigen zweifellos nachgebildet ist, ein. Es ist hiernach nicht richtig, die Breitfußschiene als Vignolesschiene zu bezeichnen, wie solches in Deutschland, England u. s. w. vielfach üblich ist.



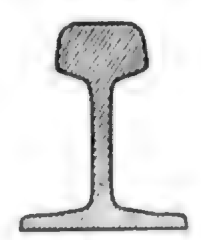
112. Flachschiene der Leipzig-Dresdener Bahn, 1837.

113. Stevens' älteste Breitfußschiene, 1832.

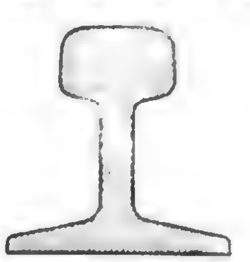
Nach und nach gestaltete man den Steg höher, den Kopf breiter und nach unten keilförmig und gelangte so zu der heutigen, am meisten verbreiteten Form der Breitfußschiene. Abb. 115 zeigt uns die seit 1885 für die preußischen Staatsbahnen vorgeschriebene Querschnittsform, die später für die Strecken des großen Schnellzugverkehrs durch die verstärkte Form (Abb. 137) ersetzt worden ist. In Belgien ist man für stark befahrene



114. Vignoles' Breitfußschiene, 1836.



115. Schiene der preußischen Staatsbahnen, 1885.

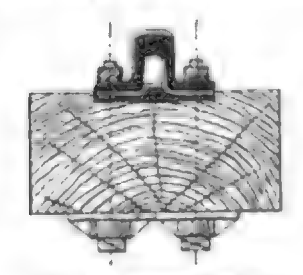


116. Sandbergs Goliathschiene der Belgischen Staatsbahn, 1887.

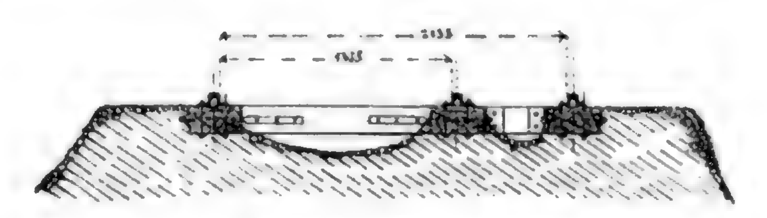
Strecken nach dem Vorschlage des schwedischen Ingenieurs Sandberg 1887 dazu übergegangen, eine sogenannte Goliathschiene (Abb. 116) zu verwenden. Sie hat eine Höhe von 145 mm, eine Kopfbreite von 72 mm, ist im Fuße 135 mm breit, im Steg 17 mm dick und wiegt 52,7 kg auf 1 m Länge; sie war bis zu den 90er Jahren die schwerste Breitfußschiene, die für Lokomotiveisenbahnen Verwendung gefunden hatte (vergl. S. 158). Auch in England wurde die Breitfußschiene auf einigen Bahnen erprobt, doch wurde sie durch die weiter unten erörterte Doppelkopfform nahezu verdrängt.

Etwa gleichzeitig mit Vignoles' Einführung der Stevensschen Schiene schlug 1834 der amerikanische Ingenieur Strickland eine neue Schienenform vor, die sogenannte Brückschiene, die später Isambart Brunel beim Bau der breitspurigen (7' = 2135 mm) Great Westernbahn verwendete. Sie ist auch auf dem europäischen Festlande zur Einführung gelangt und unter dem Namen Brunelsche Brückschiene allgemein bekannt geworden. Abb. 117 zeigt ihren Querschnitt. Gewöhnlich wurde sie nach Abb. 118 auf

Langschwellen verlegt. Die Great Westernbahn baute später aus Verkehrsrücksichten eine dritte Schiene mit Langschwelle ein, so daß ihre Strecken sowohl von den breit-, als auch normalspurigen Fahrzeugen befahren werden konnten. Die letzten mit der Brückschiene belegten Strecken standen in England noch bis zum Jahre 1892 — bis zur vollständigen Beseitigung der Great Western-Breitspur — in Benutzung. Die 1900 eröffnete unter-



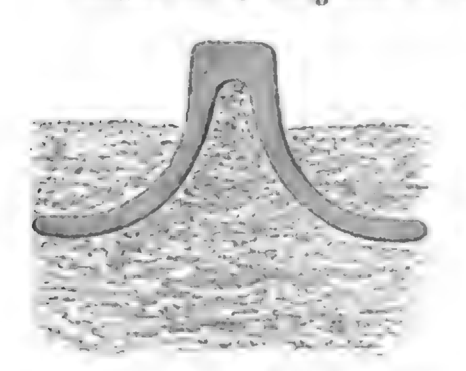
117. Schienenstoß für Brückschienen.



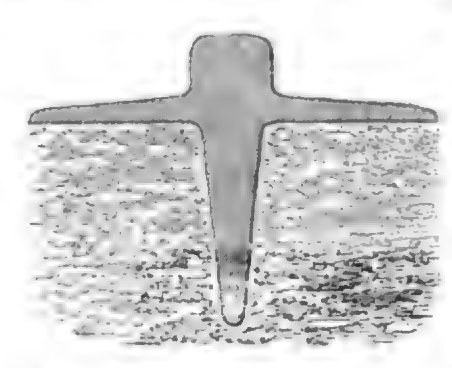
118. Strickland-(Brunel-)Schiene.

irdische „Central-Londonbahn" (elektrische Tunnelbahn) hat wieder Brückschienen mit Langschwellen erhalten.

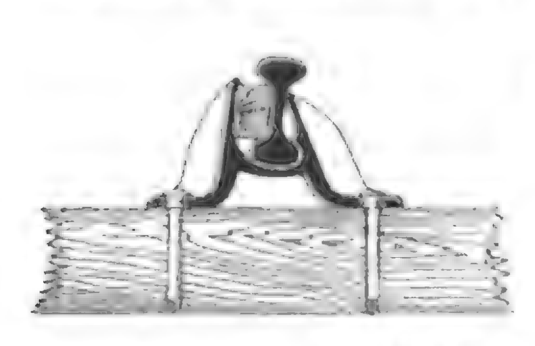
Aus der Brückschiene leitete 1849 W. Barlow die „Sattelschiene" (Abb. 119) ab, bei der jegliche Schwellenunterstützung gespart werden sollte. Der Erfinder nahm an, daß die mit 330 mm breiten Auflagerflächen versehenen Schienen bei guter Ausfüllung des Hohlraumes mit Bettungsmaterial den Druck der Radlasten auf die Bettung unmittelbar zu übertragen geeignet seien. Die Schienen waren 46—62½ kg/m schwer, 20' = 6,1 m lang und an den Stößen durch untergenietete Eisenplatten starr miteinander verbunden. Zur Erhaltung der Spurweite dienten anfänglich zwischengenietete Winkeleisen, die (auf der Midlandbahn) später, weil zu schwach, durch eiserne Querschwellen, schließlich durch hölzerne Querschwellen ersetzt wurden. Es sind damals in England, Frankreich und Amerika lange Strecken mit dieser Schiene ausgerüstet worden, sie bewährte sich aber nicht auf die Dauer, und es blieb bei diesen Versuchen. — Adams suchte denselben Zweck mit der 1854 von ihm eingeführten Trägerschiene (Abb. 120) zu erreichen, war aber auch nicht erfolgreicher. In diesen beiden Schienenformen erblicken wir die Vorläufer der seit Mitte der 70er Jahre in Deutschland wiederholt aufgetauchten verschiedenen Schwellenschienen (S. 157).



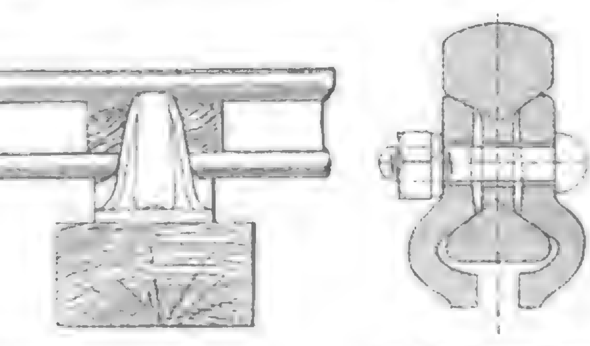
119. Barlows Sattelschiene, 1849.



120. Adams Trägerschiene, 1854.



121. Lockes Doppelkopfschiene.



122. Ochsenkopfschiene der englischen Bahnen, 1898.

Im Gegensatz hierzu fand die 1835 von J. Locke (nicht von R. Stephenson, wie die deutsche Litteratur angibt) in Vorschlag gebrachte und von ihm zuerst auf der damaligen englischen Grand Junction Eisenbahn erprobte doppelköpfige Schiene*)

*) Sie hatte nach einem im Februar 1852 von dem um die Entwickelung des Eisenbahngleises verdienten Ingenieur Bridges Adams gehaltenen Vortrage über Oberbau 114 mm Höhe, 64 mm Kopfbreite und bereits ein Gewicht von 31 kg/m.

vielseitige Verwendung (Abb. 121). Der leitende Gedanke bei Ausführung dieser Doppelkopfschiene war der ihrer zweifachen Ausnutzung. War der obere Kopf abgenutzt, so sollte die Schiene gewendet werden und der bis dahin untere, genau gleiche Kopf als Lauffläche dienen. Es zeigte sich aber im Laufe der Jahre, daß mit einem Verschleiß des oberen Kopfes gleichzeitig ein Verdrücken des unteren an den Stuhlauflagerflächen vor sich ging. Das Wenden mußte unterbleiben, und mit der erhofften doppelten Betriebsdauer war es nichts. Aber man hatte jetzt doch eine sehr widerstandsfähige Schiene, die dem größeren Lokomotivgewicht und der höheren Fahrgeschwindigkeit besser zu widerstehen vermochte, als die anderen bis dahin in England erprobten Formen. Die doppelköpfige Schiene, wegen ihrer Auflagerung in Stühlen auch kurz Stuhlschiene genannt, fand nunmehr ausgedehnte, schließlich fast alleinige Benutzung auf den Bahnen jenes Landes.

Um an Eisen zu sparen, gab man in der Folge den Schienen nur einen Fahrkopf, der stärker war als der untere, in den Stühlen aufruhende Kopf, und gelangte so zu der noch heute üblichen ungleichen doppelköpfigen Schiene, der bull headed oder Ochsenkopfform. Abb. 122 zeigt sie in neuerer Ausführung im Verein mit den beiden die Verbindung der Schienenenden bewirkenden Laschen.

Das auf das laufende Meter entfallende Gewicht und die heute übliche Länge der allgemein aus Stahl gefertigten Schienen verschiedener Eisenbahnländer ergibt nachstehende Übersicht:

Bahnverwaltung und Jahr der Einführung	Gewicht von 1 lfd. m Schiene in kg	Schienenlänge m
Preußische Staatsbahnen 1885 . .	33,4	12
„ „ 1891*) .	41,0	12
„ „ 1895*) .	43,4	15
Sächsische „ 1896 . .	46,0	10 u. 15
Gotthardbahn 1894**)	46,4	12
Holländische Eisenbahnen 1891 . .	47,0	12
Belgische Staatsbahnen 1887 . .	52,7	9
Paris-Lyon-Mittelmeer 1889 . .	47,0	12
New York-Central 1892	49,7	9,15
London und North Western***) .	44,6	9,15
Londoner Untergrundbahnen (Distrikt)***)	43,2	9,15
Midlandbahn (England)***) 1896	49,7	11

Der Schienenstoß.

Laschen. Die ersten gußeisernen Schienen waren mit den unmittelbar auf den Steinwürfeln oder Schwellen ruhenden Enden nur mit diesen, nicht aber untereinander verbunden. Als man gußeiserne Auflagerstühle einführte, dienten diese zugleich als Verbindungsmittel der Schienenenden (Abb. 106). Die Schienenstöße waren also unmittelbar unterstützt. Diese Anordnung wurde „fester“ oder „ruhender“ Stoß genannt. Man behielt ihn auch bei den Walzschienen lange Jahre bei. Die ersten Breitfußschienen wurden bereits von Stevens durch flache Eisenstücke, Laschen genannt, und Schraubbolzen miteinander verbunden. Ihr Stoß war durch eine Schwelle unmittelbar unterstützt.

Im Jahre 1847 führte Bridges Adams den „schwebenden“ Stoß (Abb. 123) ein. Die auf beiden Seiten der Schienen eingelegten Laschen waren mit den Schienenenden nicht weiter verbunden, wurden vielmehr durch die beiden Stühle gehalten. Die Schienen konnten sich hierbei zwar ungehindert ausdehnen und zusammenziehen, aber man hatte einen besonderen Laschenstuhl nötig, was unbequem war. Barlow verband deshalb später die Laschen mit den Schienen durch vier Schraubbolzen. Die Schienenlöcher wurden der genannten Schienenbewegung wegen größer gemacht als die Laschenlöcher. Schließlich

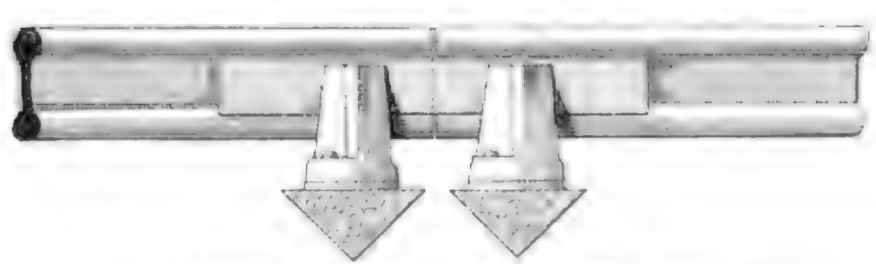
*) Bis jetzt nur auf wenigen Schnellzugstrecken mit besonders starkem Verkehr verlegt, aber nach den Parlamentsverhandlungen vom Frühjahr 1899 für 17 000 km Hauptstrecke in Aussicht genommen.

**) In den Tunnels wird der stärkeren Rostbildung wegen eine 48,5 kg/m schwere Schiene verlegt.

***) Stuhlschienenoberbau.

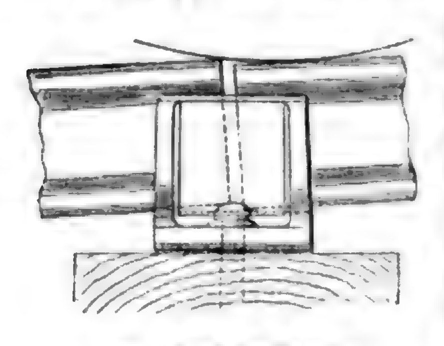
wurden die gußeisernen Laschen durch schmiedeiserne ersetzt. Damit war um das Jahr 1849 eine wesentliche Verbesserung im Oberbau erreicht und die nach Verlauf von 50 Jahren auch heute noch verbreitetste Form des Schienenstoßes geschaffen. Seine Vorzüge: Elastizität des Gleises und infolgedessen sanfteres Fahren, sowie Schonung der Radreifen und Schienen verdrängten den ruhenden Stoß nach und nach fast völlig.

Eine wirksame Verlaschung konnte allerdings erst Platz greifen, nachdem die birnenförmige Gestalt des Schienenkopfes (Abb. 110 u. 121) durch die scharf unterschnittene ersetzt wurde; denn nunmehr wirken die Laschen wie Keile und sichern die gegenseitige Lage der beiden Schienenenden, wenigstens so lange, wie keine Zerstörung und Verdrückung des Eisens oder Stahles am Stoße erfolgt ist, und solange die Laschen den Schienensteg nicht berühren. Anfangs nur dünn und kurz, sind die Laschen immer länger (bis zu 90 cm) und kräftiger gestaltet worden. Die einfache Stabform ist bei Hauptbahnen ziemlich allgemein durch die viel widerstandsfähigere Winkel- und Haken- oder Z-Lasche verdrängt worden (vgl. Abb. 122 u. 131). Die Laschen müssen aus gleichem Material wie die Schienen bestehen (Stahl), damit sie ebenso hart wie diese sind und nicht in ihrer Höhe abgenutzt werden. Zur Verbindung dienen mindestens vier Schrauben, mitunter auch sechs.



123. Schwebender Schienenstoß von Bridges Adams, 1847.

Trotz aller Laschenverstärkung und des verringerten Abstandes der Stoßschwellen sind die Schienenstöße doch nach wie vor der schwache Punkt im Gleise. Eine anfangs sehr geringe Senkung des einen Schienenendes gegen das andere beim Darüberrollen der Räder tritt dennoch ein, auch beim ruhenden Stoß (Abb. 124), die Folge ist ein harter Schlag des Rades gegen das höherstehende Schienenende. Durch die ständige Einwirkung dieser Schläge tritt allmählich Lockerung in der Stoßverbindung ein, und die Radschläge werden heftiger und hörbarer. Es ist dieses das bekannte „Tacke-Tacke“-Geräusch, das bei der Fahrt von den Reisenden wahrgenommen wird, das tagsüber die Nerven angreift, nachts oft den Schlaf raubt, mindestens aber eine sehr unangenehme Reisezugabe, namentlich in den nicht gepolsterten Personenwagen ist. Hunderte von Stoßverbindungen sind schon in den verschiedenen Eisenbahnländern vorgeschlagen und auf sie teilweise Patente genommen, Hunderte von Verbesserungsvorschlägen sind schon gemacht und in großer Zahl ausprobiert. Noch haben wir keinen allen Anforderungen auf die Dauer standhaltenden Schienenstoß. Liegt auch neu verlegt das Gleis gut, und fährt es sich sanft über dessen Stöße, mit der Zeit kommt doch die unvermeidliche Abnutzung hinein und der alte Zustand früherer Gleise ist wieder da. Könnte man die Stöße ganz vermeiden, so wäre das Übel beseitigt. Schon Berkinshaw wollte durch Zusammenschweißen seiner 15füßigen Walzschienen größere Schienenlängen zwecks Verminderung der Stoßzahl einbauen. Diese Verbindung ist aber bei Lokomotivbahnen unstatthaft, da die Gleise sich im Sommer stark verwerfen (krumm werden) und im Winter häufig abreißen würden.



124. Stoß im Betrieb.

In Amerika hat man vor wenigen Jahren auf einzelnen Straßenbahnen die Schienenstöße elektrisch zusammengeschweißt. Bei diesen Bahnen liegen die Schienen im Gegensatz zu den Lokomotivbahnen bis an die Kopffläche in dem Straßenkörper, sind also besser gegen die Wärmeeinwirkung geschützt. Immerhin ist diese doch noch so stark, daß im Winter beim Zusammenziehen des Schienenstranges ein Abreißen desselben an mehreren Stellen eintritt, dagegen im heißen Sommer ein seitliches Ausbauchen. Letzteres hat Lockerungen im Pflaster, Verdrückungen in der Asphaltbahn zur Folge. Auch in Lyon und 1898 in Berlin hat man Versuchsstrecken mit verschweißten Schienen verlegt, deren Verhalten abzuwarten bleibt. Das

Schweißen in Berlin ist nicht elektrisch erfolgt, sondern durch Umgießen der gereinigten Schienenenden am Fuß und Steg mit Gußeisen bewirkt (Falkscher Stoß). Hierbei bediente man sich eines fahrbaren Gießofens, für den die Gebläseluft durch ein mittels Dampfturbine angetriebenes Gebläse erzeugt wurde. Die Gießform ist zweiteilig. Die Schienenenden werden bei diesem Verfahren sehr innig und kräftig miteinander verbunden. Übrigens ist dieses Vergießen der Schienenenden durchaus nichts Neues. Schon 1852 wandte der Engländer S. Norris dieses Verfahren bei Eisenbahngleisen an. Auch er bediente sich hierbei eines fahrbaren Gießofens.

Für kleinere Brücken, ebenso für Drehscheiben und Schiebebühnen verwendet man in der Neuzeit zwecks Vermeidung der Stöße Schienenlängen bis zu 18 m. Versuchsweise sind auch auf einzelnen Bahnstrecken Gleise mit 18 m langen Schienen eingebaut worden, doch anscheinend ohne befriedigendes Ergebnis. Nicht nur wächst mit zunehmender Länge die Schwierigkeit des Transportes und Verlegens, sondern auch die Breite der der Wärmeausdehnung wegen unerläßlichen Stoßfugen, das ist der freie Zwischenraum zwischen zwei benachbarten Schienenenden.

Stoßfugen. Ein Stahlstab dehnt sich bei einer Erwärmung von 0 auf 100° C. um $^1/_{900}$ seiner Länge aus, also bei 9 m Länge um 10 mm. Nimmt man einen Wärmeunterschied von — 25 bis + 55° C, also = 80° an, so dehnt sich eine 9 m lange Schiene um $^{80}/_{100}$ mal 10 = 8 mm aus, eine 18 m lange Schiene aber um 16 mm. Bei großer Kälte müßten also die Stoßfugen solch langer Schienen wenigstens 16 mm breit sein. Wegen unvermeidlicher geringer Längenunterschiede u. s. w. muß die Lücke etwa 2 mm größer genommen werden; das gibt bei scharfer Kälte für die 18 m-Schiene 18 mm Fugenbreite! Je weiter aber diese Fugen sind, desto heftiger stoßen die Räder gegen die höherstehenden Schienenenden. 18 m-Schienen sind deshalb in Preußen auf längere Tunnel beschränkt, da es in diesen nie so kalt oder so warm wird wie im Freien, hier also kleine Stoßlücken zulässig sind. Die Stoßfugen müssen nun beim Einbau des Gleises der dabei herrschenden Lufttemperatur angepaßt werden, müssen also im Sommer kleiner gewählt werden als im Winter. Um den Arbeitern die Sache zu erleichtern, wendet man hierfür sogenannte Dilatations- oder Ausdehnungsplättchen an. Diese bestehen aus Holz oder Eisenblech und sind in Bezug auf ihre Dicke durch Farbenanstrich unterschiedlich gemacht, z. B. für

heiß = weiß,
lau = blau,
Frost = rost (Launhardt).

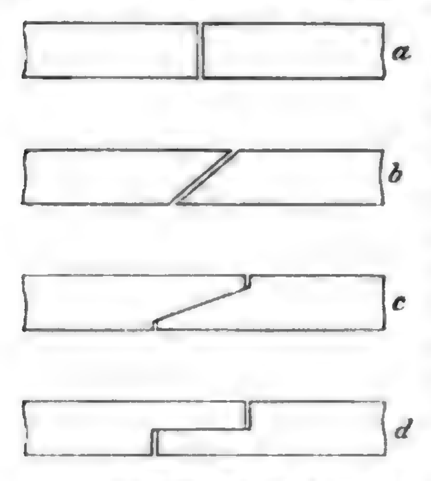
Die Zwischenplättchen bleiben so lange sitzen, bis eine größere Gleislänge verlegt und mit Bettungsmaterial versehen ist. Um der Ausdehnung der Schienen trotz der festen Laschenverbindung Rechnung zu tragen, werden bei uns die Schraubenlöcher in den Laschen länglich (oval), in den Schienen jedoch kreisrund gestaltet.

Die Stoßfugen liegen einander gegenüber, was einen ruhigeren Gang der Fahrzeuge zur Folge hat, als wenn jene versetzt sind. Da aber in Gleisbögen der Außenstrang eine größere Länge als der innere besitzt, so müssen in den letzteren einige kürzere Schienen — Ausgleichschienen genannt — eingelegt werden. Ihre Zahl und Länge richtet sich nach dem Krümmungshalbmesser und der Länge des Bogens. Sämtliche Kurvenschienen müssen vor dem Verlegen entsprechend durchgebogen werden. In Amerika versetzt man die Stöße, um die Ausgleichschienen zu ersparen.

Man hat sich vielfach bemüht, das Befahren der Stöße durch besondere Gestaltung der Schienenenden weniger unangenehm und kostspielig zu machen. Die älteste, auch jetzt noch fast allgemein gebräuchliche Stoßfugenform ist die in Abb. 125a dargestellte. Dieser „stumpfe“ Stoß hat aber den vorerwähnten großen Nachteil, daß das Rad stets nur von einer Schiene getragen wird, diese sich daher stark durchbiegt, was den heftigen Schlag des Rades gegen das höhere Schienenende zur Folge hat. Um eine günstigere Radunterstützung zu erzielen, d. h. das Rad zugleich auf beiden Schienenenden ruhen zu lassen, schlug der Gießereibesitzer William Losh schon 1809 den „schrägen“ Stoß nach Art der Abb. 125c vor, den 1816 G. Stephenson bei den gußeisernen Schienen der Killingworther Zechenbahn benutzte. Losh verbesserte später diesen Stoß für schmiedeeiserne Schienen, indem er den Steg jeder Schiene an beiden Enden abbog, so daß im Stoß zwei

volle Stege schräg nebeneinander lagen. Diese Anordnung ist in den 30er Jahren in England viel angewandt worden. Der einfache schräge Stoß (Abb. 125b) ist wiederholt vorgeschlagen. Schon die schmiedeeiserne Flachschiene der Leipzig-Dresdener Bahn 1837 hatte schräge Enden. Diese Form bewährte sich aber bei dem damaligen weichen Schieneneisen nicht. Etwa um die Mitte der 80er Jahre wurde sie bei den harten Stahlschienen in Amerika erprobt und ist seitdem verschiedentlich, namentlich bei Straßenbahnen, in Anwendung gebracht. Auch für die zur Zeit im Bau begriffene Jungfraubahn hat man den schrägen Stoß gewählt. Bei Hauptbahnen hat er sich nicht bewährt, bei Straßenbahnen mit geringem Raddruck und kleiner Fahrgeschwindigkeit leidlich.

Bei den Walzschienen der 1835 von Stephenson erbauten London-Birmingham Bahn kam zum erstenmal der in Abb. 125d gezeichnete „Blattstoß“ zur Verwendung. Er war auch für die in jenem Jahre eröffnete Nürnberg-Fürther Bahn vorgesehen, wurde aber der Kostenersparnis halber zu gunsten des stumpfen Stoßes fallen gelassen. Mitte der 40er Jahre war er auf der bayerischen Staatsbahn benutzt. Der Blattstoß ist die beste aller bisher erprobten Stoßformen. Er ist in der Neuzeit wiederholt in Ausführung gebracht. Im Jahre 1887 wurde er vom Osnabrücker Stahlwerk für Schienen mit einseitig zum Kopfe sitzendem Steg (**Stegschienen**) durchgebildet und zuerst 1890 bei der Hüggelbahn dieses Werkes angewendet. Unabhängig davon wurde er 1890 von Rüppell und Kohn in Köln bei der linksrheinischen und etwas später in ähnlicher Form bei der österreichischen Staatsbahn für Schienen mit dickem Steg (**Dickstegschienen**) verwendet. Die Rüppellsche Bauart erfordert nämlich Schienen von 18 mm Stegstärke, damit außer Kopf und Fuß auch der Steg auf die ganze Stoßlänge (= 23 cm) in der Mitte geteilt, d. h. zur Hälfte fortgenommen werden kann. Beide Schienenenden treten also im Stoß mit je dem halben Querschnitt zusammen, so daß hier der Steg wieder 18 mm dick ist. Man büßt bei dem Blattstoß zwar an jeder Schiene 23 cm Länge ein, das läßt sich aber bei Verwendung von 15 m langen Schienen gegen 9 oder 12 m lange durch Ersparnisse am sogenannten Kleineisenzeug (Laschen, Schrauben u. s. w.) wieder einbringen; mindestens aber hat man eine vorzügliche Schienenverbindung erzielt, die durch geringeren Verschleiß und kleinere Unterhaltungskosten die teuerere Anlage mehr oder weniger ausgleicht, ganz abgesehen von dem besseren Gang der Fahrzeuge.



125. **Verschiedene Stoßformen.** a stumpfer Stoß, b schräger Stoß, c schräger Blattstoß, d gerader Blattstoß

Die Osnabrücker Stegschiene wird so verlegt, daß der Steg nach Abb. 126 **abwechselnd** rechts und links vom Stoße liegt. Auf der ganzen Stoßlänge liegen somit 2 volle Stege nebeneinander, was im Verein mit den kräftigen langen Laschen die Verbindung sehr widerstandsfähig macht. **Haarmann** hat den Wechselsteg-Blattstoß für die verschiedensten Oberbauarten durchgebildet. Er ist auf Hauptbahnen zwar erst versuchsweise verlegt worden, dagegen schon in 470 km Länge auf Kleinbahnen einschließlich Straßenbahnen (Hannover u. s. w.), ferner in 26 km Länge auf der elektrischen Schwebebahn Barmen-Elberfeld.

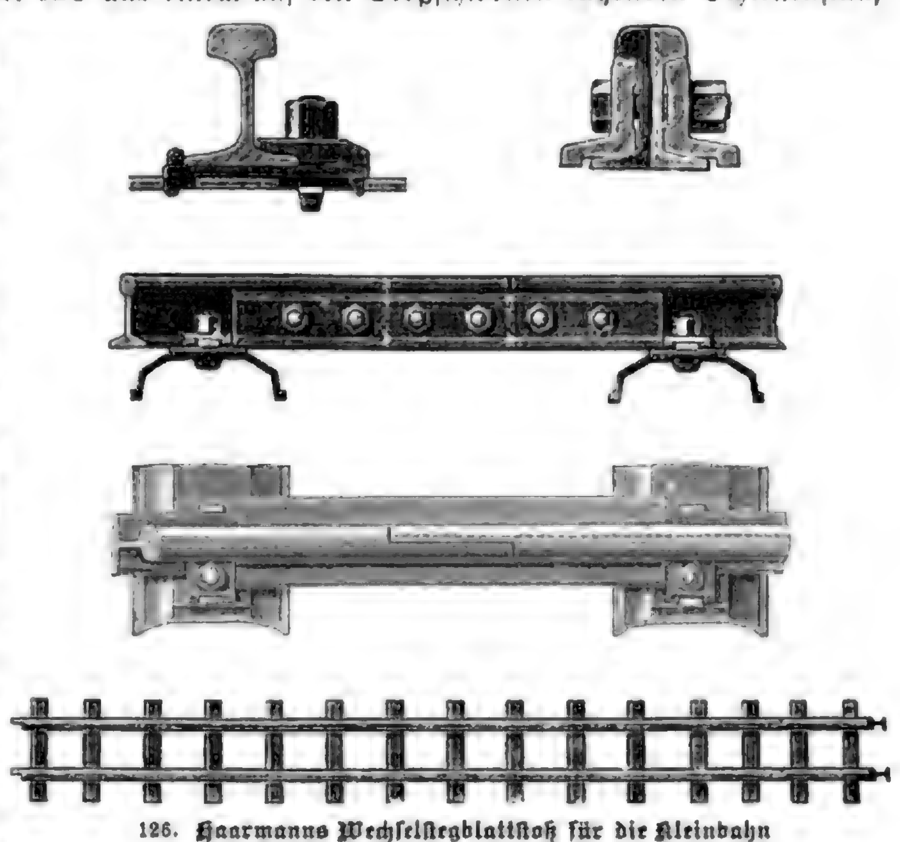
Die bisherigen Erfahrungen mit dem Blattstoße sind bis jetzt recht gute. Die preußischen Staatsbahnen verwenden ihn nach Rüppell-Kohn für die Gleise eiserner Brücken, um das Geräusch der überfahrenden Züge zu dämpfen. Leider soll er im übrigen aus Ersparnisgründen nur auf Strecken mit lebhaftem Schnellzugsverkehr und ungünstigem Bettungsmaterial beschränkt bleiben.

Auf amerikanischen Bahnen hat man neuerdings sich bemüht, die Stoßmängel durch brückenartige Laschen, welche auf den beiden, der Schienenfuge benachbarten Stoßschwellen fest aufruhen, zu beseitigen. Auch diese Anordnung ist alt. Schon 1849 führte J. Fowler auf der East Lincolnshirebahn eine kräftige gußeiserne **Stoßbrücke** nach Abb. 127 ein. Sie hatte verschiedene ähnliche Bauarten im Gefolge, aber alle verschwanden wieder aus dem Gleisbau, um etwa drei Jahrzehnte später in verbesserter Form in Nordamerika als „**Fischerstoß**“ neu zu erstehen. Die vorzeitigen Erfolge desselben zeitigten zahlreiche

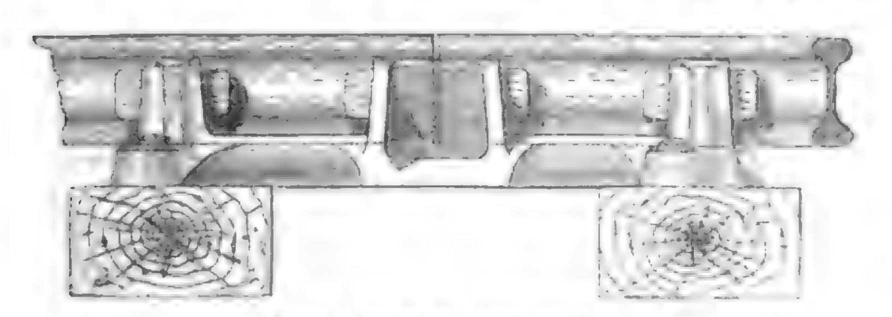
Digitized by Google

Abarten in jenem Lande. Ein um 1890 auf den preußischen Staatsbahnen mit der amerikanischen Stoßbrücke gemachter Versuch schlug fehl.

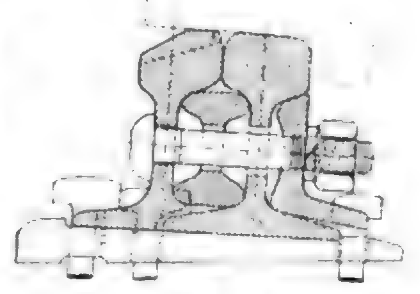
Hierher gehört auch die Stoßfangschiene, wie sie seit einigen Jahren u. a. auf den Stadtbahnen in Berlin und Wien in Anwendung ist. Sie besteht auf der letztgenannten Bahn nach Abb. 128 aus einem auf den Stoßschwellen ruhenden Schienenstück, das an beiden Enden abgeschrägt ist und sich gegen die Außenseite der Fahrschienen lehnt. Infolgedessen laufen die Räder sanft und allmählich auf sie über — wodurch die Fahrschienen entlastet werden — um nach Passieren der Stoßfuge ebenso wieder auf die Fahrschiene überzutreten. Stoßfang- und Fahrschiene sind durch eine Doppelkopf- und Winkellasche nebst Schraubbolzen miteinander verbunden. Beide Schienen stützen sich auf den Schwellen auf eine gemeinsame Unterlagsplatte. Solange keine nennenswerte Abnutzung eingetreten ist, wirkt diese Stoßverbindung günstig: das hämmernde Geräusch ist beseitigt, und die Fahrzeuge rollen sanft über sie fort. Für die Nachbarhäuser der Stadtbahnen ist dieses von ganz besonderer Bedeutung. Ihr Verhalten auf der Wiener Stadtbahn, auf der 8000 Stoßfangschienen seit 1898 in Benutzung sind, wird zwar gelobt, aber wenn irgendwo das alte Wort: „Nur Erfahrung ist der Meister" gilt, so ist dieses gerade beim Eisenbahn-Oberbau der Fall. Langjährige Erprobungen können hier allein zu einem endgültigen Urteil führen, und diese liegen bei der Stoßfangschiene noch nicht genügend vor.



126. Haarmanns Wechselstegblattstoß für die Kleinbahn Kirchlengern-Wallücke.



127. Älteste Form der Stoßbrücke, 1849.



128. Stoßfangschiene.

Gleisbau.

Je nach der Schienenunterstützung unterscheidet man: 1) Querschwellen-Oberbau, 2) Langschwellen-Oberbau, 3) Oberbau mit Einzelstützen, 4) Oberbau ohne besondere Unterstützung (Schwellenschienen), und nach der Schienenform: a) Breitfußschienengleise, b) Stuhlschienengleise. a) u. b) finden heutigestags bei 1) u. 3) Verwendung, 2) u. 4) werden mit der Breitfußschiene verlegt. Hölzerne Querschwellen haben sich am besten bewährt und sind auch zur Zeit noch vorherrschend. Die Schienen ruhen auf ihnen elastischer als auf Eisen,

dabei lassen sich die Schwellen gut und sicher mit Bettungsmaterial: Kies*), Steinschlag, Hochofenschlacke unterstopfen, so daß ein solcher Oberbau auch fest in der Bettung liegt. Um das Holz gegen Fäulnis zu schützen, **tränkt** man es nach Austreibung seines Saftes mit schützenden Flüssigkeiten (Kreosot, Teeröl, Zinkchlorid), die unter starkem Drucke hineingepreßt werden. Hierzu dienen besondere Schwellen-Tränkungsanstalten. Eiche hat sich am besten bewährt, dann kommt Lärche, Kiefer (namentlich nordische), sodann Fichte, während Buche die geringste Lebensdauer zeigt. Durch das Tränken wird letztere wesentlich erhöht, wie nachstehende Übersicht ergibt:

Mittlere Lebensdauer der Schwellen:

Holzart	Ohne Tränkung	Mit Tränkung
Eiche	14	21
Lärche	9	17
Kiefer	7	16
Fichte	4	13
Buche	3	12—15

Bei dem großen Bedarf an Schwellen kann Deutschland genügend Eichenholz hierfür nicht mehr liefern und ist auf den Bezug aus Ungarn u. s. w. angewiesen. Dagegen gestatten seine ausgedehnten Kiefern- und Buchenwälder eine Deckung des Bedarfs. Da Kiefernholz etwa halb so teuer wie Eiche ist, Buche ebenfalls billiger als diese, so ist die Verwendung von Kiefern- und Buchenschwellen von hervorragender Bedeutung für die deutsche Forstwirtschaft.

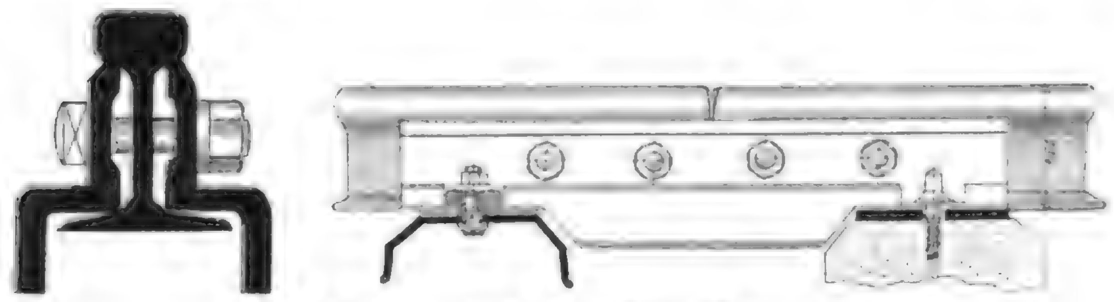
Früher besaßen die Querschwellen in Deutschland 2,5 m Länge bei etwa 25 × 16 cm Querschnitt und lagen weiter auseinander als jetzt. Nach englischem Vorbilde verwendet man sie seit einigen Jahren 2,7 m lang und gibt ihnen auch einen geringeren Abstand voneinander. Auf den preußischen Staatsbahnen werden bei 12 m langen Schienen je nach dem Schienenprofil 13 bis 16 Schwellen auf eine Schienenlänge verlegt und 19 bis 20 bei 15 m langen Schienen. An den Stößen wird der Schwellenabstand bis auf 50 cm herabgemindert.

129. Hakennagel. 130. Schienenschraube.

Die Schienen werden durch die Seitenstöße der Räder sowohl auf Kippen um die äußere Fußkante, als auch auf Verschiebung nach außen beansprucht. Sie müssen deshalb sehr sicher auf den Unterlagen befestigt werden. Hierzu dienen bei der Breitfußschiene entweder **Hakennägel** (Abb. 129) oder die aus Frankreich stammenden Schrauben (tire-fonds) [Abb. 130]. Erstere sind mit einer Schneide ausgestattet, die senkrecht zur Faserrichtung des Holzes eingetrieben wird, damit die Nägel fester in letzterem haften. Auf den preußischen Staatsbahnen werden bei Neuanlagen Nägel nicht mehr verwendet, sondern nur noch **Schrauben**. Die Löcher für letztere werden vorgebohrt und zwar durch die ganze Schwelle. Damit die Schienen unter den starken Radlasten (in Deutschland bis 8000 kg, in England bis 9500 kg und in Amerika vereinzelt bis über 10000 kg) nicht die Schwellen zu sehr angreifen, legt man vielfach unter sie schmiedeeiserne Unterlagsplatten. Zweckmäßig stellt man deren obere Begrenzung mit 1:20 gegen die Wagerechte geneigt her, damit die Schienen gegen die Senkrechte um $^1/_{20}$ geneigt

*) Der Kies muß thunlichst frei von Sand sein, da er sonst u. a. zu Staubbildung in den trockenen Monaten Anlaß gibt, eine der unangenehmsten Plagen zur sommerlichen Reisezeit. Gewaschener Flußkies ist empfehlenswert. Auf amerikanischen Bahnen wird häufig ein höchst mangelhafter Kies (spöttisch Schlammkies genannt) zur Bettung genommen. Haben dortige Bahnen den besseren, freilich auch teueren Steinschlag oder Schlacken u. s. w. benutzt, so heben sie diesen Vorzug in ihren zwecks Reklame u. s. w. überall kostenlos ausgegebenen Fahrplänen ganz besonders hervor und preisen ihn als eine hohe Annehmlichkeit des Fahrens auf ihrer Linie.

stehen. Abb. 131 zeigt die Befestigungsart der preußischen Staatsbahnen. Die Unterlagsplatte besitzt hier eine Auflagerungsfläche von 16 × 19 cm = 304 qcm, was eine gute Druckverteilung auf die Schwellen ergibt. Durch die Schrägstellung der Schienen wird eine bessere Führung der Räder im Gleise und ein ruhigerer Gang der Fahrzeuge gesichert (vergl. Abschnitt „Wagen"), auch widerstehen hierbei die Schienen besser dem Kippen. Wo man keine Unterlagsplatten mit schräger Fläche verwendet, müssen die hölzernen Querschwellen unter dem Schienenfuß durch Hobeln oder „Kappen" schräg ausgearbeitet (gedezelt) sein, während eiserne Querschwellen an beiden Enden entsprechend gebogen werden. Von manchen Seiten wird übrigens dieser Schienenlage kein Wert beigemessen. So ist z. B. die früher hierfür bestehende Vorschrift in den „Normen für den Bau der Eisenbahnen Deutschlands" seit 1892 in Fortfall gekommen. Dennoch sind senkrecht gestellte Schienen bis jetzt selten (Kleinbahn Kirchlengern-Wallücke).


131. Laschenverbindung der preußischen Staatsbahnen.

Der Stuhlschienen-Oberbau ist in England nahezu alleinherrschend. Auch in Frankreich wird er vielfach benutzt. In Deutschland sind seiner Zeit umfassende Versuche damit angestellt und längere Strecken, wie z. B. auf der Potsdam-Magdeburger Bahn, mit ihm belegt worden. Man wählte hier aber zu leichte Stühle, auch trat ein häufiges Lockerwerden der Schienen ein, so daß sich dieser Oberbau bei uns keines guten Namens erfreute. Vor wenigen Jahren hat dann wieder die Badische Bahn und die Eisenbahn-Direktion Hannover Versuchsstrecken mit dem schweren Oberbau der Midlandbahn belegen lassen. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen. In England und in Frankreich hat man jedoch die besten Erfahrungen mit diesem Oberbau gemacht. Bei ihm werden die Schienen in den Stühlen durch prismatische Keile aus hartem, mit Kreosot getränktem Holze gehalten. Schon Locke hatte sie seit etwa Mitte der 30er Jahre verwendet, zuerst auf der Liverpool-Manchester Bahn. Das von ihm damals angegebene Verfahren, sie vor ihrem Verlegen auf kräftigen Wasserdruckpressen in eisernen Formen stark zusammenzudrücken, um sie zwecks leichteren Eintreibens in die Stühle auf thunlichst gleiche Gestalt zu bringen, wird heute noch in England allgemein geübt. Scharf zwischen Stuhl und Schiene eingetrieben, sichern diese Keile deren Lage, zumal in feuchtem Klima. Gewöhnlich liegen sie an der Außenseite der Schienen, so daß die Seitenstöße der Räder durch das elastische Holz aufgefangen werden.

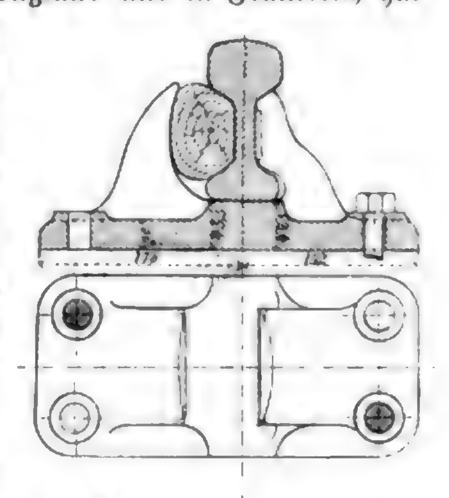
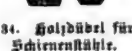

132. Schienenstuhl der Londoner Untergrundbahnen.

Abb. 132 zeigt einen neueren Schienenstuhl. Seine Auflagerfläche ist beträchtlich, 33 × 16 cm = 528 qcm, liefert also eine sehr gute Druckverteilung. Dabei wird er recht kräftig ausgeführt und wiegt auf den verkehrsreichen englischen Hauptlinien über 20 kg; einzelne Bahnen verwenden seit 1896 bis 25,4 kg schwere Stühle. Man vergleiche damit die 11 kg schweren Stühle der Magdeburg-Potsdamer Bahn oder die 4 bis 4,8 kg schweren Stühle der Nürnberg-Fürther Linie oder auch die englischen Stühle vom Jahre 1832, welche nur 6 kg Gewicht besaßen, um die neuen Fortschritte auch auf diesem Gebiete recht zu würdigen. Beachtet man nun, daß auf den englischen Bahnen seit vielen Jahren schon die Querschwellen aus nordischem Kiefernholze hergestellt — 9' = 2,74 m lang genommen — und eng verlegt sind, daß sie infolge der hohen Stühle gut mit Bettung überdeckt sind, also verhältnismäßig fest in dieser liegen, daß ferner die Schienen schwer

und durch die Stühle wirksam gegen Kippen geschützt werden, so wird klar, warum die Züge der englischen Hauptbahnen sich von jeher durch so ruhigen, sanften Gang auszeichnen. Die Engländer haben eben frühzeitig erkannt, daß, je schneller gefahren wird, desto heftiger die Radstöße, namentlich die der Lokomotiv-Treibräder auftreten und desto widerstandsfähiger und schwerer der Oberbau sein muß. In Bezug auf Eigengewicht desselben steht England und seit kurzem auch Nordamerika obenan. Dort sind freilich auch die

133. Abgenutzter Schienenstuhlnagel.



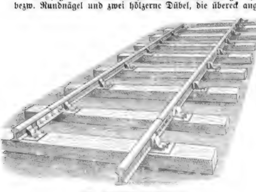
134. Holzdübel für Schienenstühle.

135. Englischer Holzdübel mit Eisennagel.

Radbelastungen stellenweise am größten. Beispielsweise wiegt ein laufendes Meter des Oberbaues mit hölzernen Querschwellen:

Londoner Untergrundbahnen (1886)	275 kg,
Midlandbahn (1896)	264 „
Französische Westbahn (Stuhlschiene) (1889) . .	253 „
Preußische Staatsbahnen (1885)	140 bis 180 „
„ „ (1894)	151 bis 237 „.

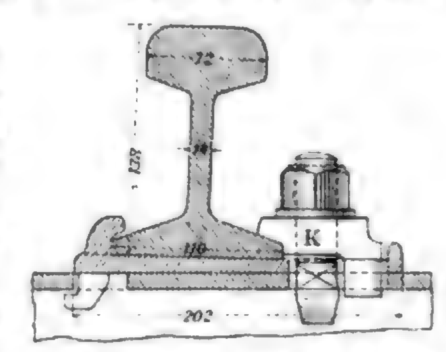
Befestigt werden die Stühle auf den Schwellen gewöhnlich durch zwei eiserne Schrauben bezw. Rundnägel und zwei hölzerne Dübel, die übereck angeordnet werden, so daß auf jeder Schienenseite je ein Nagel und ein Dübel sich befinden. Die Befestigung nur durch Eisennägel hat sich nicht bewährt, da letztere nach Abb. 133 bald durch die Seitenstöße und durch Rost stark abgenutzt werden. Die Holzdübel - aus Eichenholz hergestellt, scharf gepreßt und vielfach auch getränkt sollen die Seitenstöße aufnehmen, die Nägel dagegen die Stühle fest gegen die Schwellen halten. Abb. 134 zeigt die übliche Dübelform vor und nach dem Pressen. Sie wurden 1841 von Ransomes & May zuerst angewendet. Manche Bahnen treiben auch durch den vorgebohrten Dübel noch einen eisernen Nagel (Abb. 135), befestigen auch wohl neue Stühle nur in zwei Punkten. Die Sicherung der Schienen in den Stühlen durch Keile gestattet ein schnelles Auswechseln schadhafter Schienen, was für Strecken mit lebhaftem Tages- und Nachtverkehre besonders wichtig ist. Auf den von London auslaufenden Hauptlinien verkehren am Tage vorzugsweise Personenzüge, nachts dagegen Güterzüge, beider Zahl ist eine ungemein große. Abb. 136 zeigt den Stuhlschienen-Oberbau der London und North Western Bahn, einer der ersten Bahnen Englands.



136. Stuhlschienen-Oberbau der London und North Western Eisenbahn, 1890.

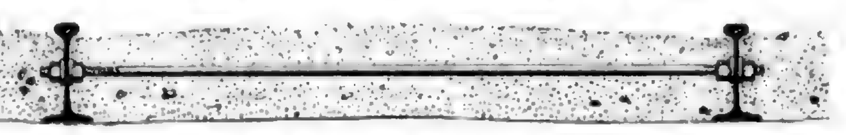
Die Bestrebungen, Eisenschwellen zu verwenden, sind schon vierzig Jahre alt. Die ersten Versuche scheiterten aber alle an zu geringen Abmessungen der Schwellen, die der Billigkeit wegen gewählt wurden. Die Eisenschwellen werden in größeren Längen

gewalzt, auf der Kreissäge zerteilt, auf großen Pressen durchgebogen und mit Löchern für die Schienenbefestigung versehen. In England werden sie zum Schutze gegen Rost in warmem Zustande mit Teer überzogen. — Eiserne Schwellen finden namentlich in holzarmen Gegenden und in Ländern Verwendung, wo das Holz durch Ameisen und klimatische Einflüsse bald zerstört würde. Sie haben auch in Deutschland, Österreich und der Schweiz vielfach Anwendung gefunden.



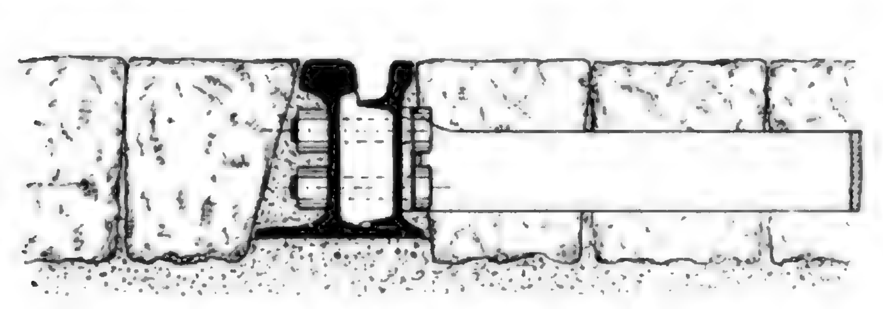
137. Schienenbefestigung durch Hakenplatte und Klemmplättchen (K).

Das Festhalten des Schienenfußes durch Klemmplättchen nach Abb. 131 u. 137 ist bei eisernen Oberbauarten beliebt. Neben einer sehr wirksamen Verbindung gestatten sie durch Wahl verschiedener Zapfenbreite eine einfache Herstellung der weiter unten erörterten Spurerweiterung und verhindern durch eine einfache Ausklinkung der Laschen, in die sie gesetzt werden, das Wandern der Schienen. Wir finden sie deshalb bei Haupt- wie bei Neben- und Kleinbahnen. Die beiden höchstgelegenen europäischen Bergbahnen, die Gornergrat- und die Jungfraubahn wenden sie ebenso an, wie die mit Eisenquerschwellen belegten Strecken unserer Hauptbahnen oder die 60 cm-Kleinbahn bei Wallücke. Haarmann, der sich um die Ausbildung des eisernen Oberbaues große Verdienste erworben hat, verbesserte die Querschwellenanordnung durch die 1882 zur Einführung gelangte und nach ihm benannte Hakenplatte. Dieselbe besitzt nach Abb. 137 mehrere Haken, die eine höchst einfache Befestigung der Schienen mit der Schwelle gestatten. Sie hat namentlich auf deutschen Bahnen größere Verbreitung gefunden und ist in ihrer neuesten Form als „Zapfenplatte“ 1899 auch in China zur Anwendung gebracht. Bis zum Frühjahre 1899 waren von der Hakenplatte 24 200 000 Stück, entsprechend einem Gleis von rund 11 000 km Länge, hergestellt.


138. Hartwichs Schwellenschiene.

Stuhlschienen findet man selten durch Eisenschwellen gestützt. Die Engländer ziehen im allgemeinen Holzschwellen vor, gleiches gilt von dem an Wäldern reichen Nordamerika.

Nach dem oben geschilderten Vorgange Barlows sind auch für die stetige Unterstützung der Fahrschienen durch Langschwellen eine Anzahl verschiedenartiger Oberbau-



139. Haarmanns Straßenbahn-Oberbau mit Schutzschiene.

140. Rillen- oder Phönixschiene für Straßenbahnen.

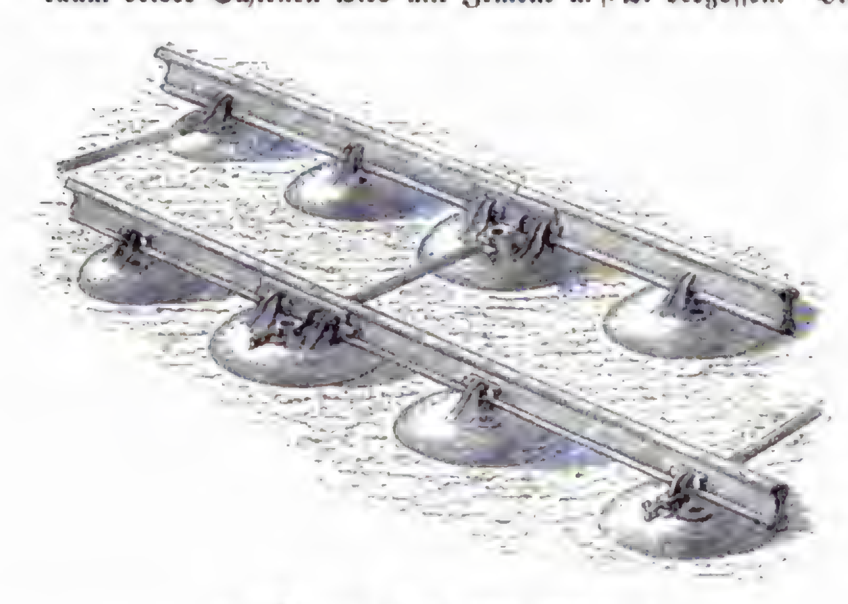
anordnungen zu mehr oder weniger ausgedehnter Anwendung gelangt. Wir nennen hier nur die Bauarten Hilf, Hohenegger, Haarmann. Keine derselben hat auf die Dauer den Erwartungen entsprochen, keine hat sich den mannigfaltigen Angriffen im Betriebe als genügend widerstandsfähig erwiesen. Teils sind sie wieder entfernt und durch Querschwellenoberbau ersetzt, teils werden sie noch einstweilen aufgebraucht. Deutschland und Österreich sind die Hauptversuchsländer hierfür gewesen.

Bildet man Fahrschiene und Langschwelle als ein Ganzes aus, so erhält man die einteilige Schwellenschiene, wie sie nach früherem schon 1849 von Barlow als „Sattel-“,

1854 von Adams als „Trägerschiene“ zur Ausführung gebracht ist. Im Jahre 1865 erstand sie neu durch Hartwich, der eine Breitfußschiene mit sehr hohem Stege verwendete. Dieselbe ruhte unmittelbar in der Bettung. Die Spurweite wurde nach Abb. 138 durch Querstangen gesichert. Die Hartwich-Schienen sind am Rhein und in Süddeutschland mehrfach in Benutzung genommen, erfüllten aber die auf sie gesetzten Hoffnungen ebensowenig wie ihre englischen Vorläufer ... „da es hart sich fuhr auf ihnen, und das Gleis zur Seite wich“. Dasselbe Los teilte eine dreiteilige Schwellenschiene von Scheffler in Braunschweig.

Ebenso hat sich auch die zweiteilige Schwellenschiene von Haarmann — 1884 erfunden und später verbessert — trotz ihrer Vorzüge bis jetzt keinen nennenswerten Eingang verschaffen können und ist auf Hauptbahnen ein interessanter Versuch geblieben, ebenso die 1892 von demselben in Vorschlag gebrachte einteilige Schwellenschiene, die sogenannte Herkulesschiene, welche 63 kg/m wiegt und eine Fußbreite von 200 mm besitzt.

Bei allen Schwellenschienen ist die erforderliche gute Entwässerung der Bettung eine schwierige Sache. Wegen der großen Höhe dieser Schienen (150—200 mm) lassen sich auf Strecken, die gepflastert werden müssen, die Pflastersteine sicher und gut bis dicht an die Schiene legen (Abb. 139). Sie haben deshalb auch bei Straßen- und Hafenbahnen (Hannover, Hamburg, Köln, Triest) häufiger Verwendung gefunden. Die hier erforderliche Spurkranzrille wird durch eine Schutzschiene gebildet, der in den Gleisbögen durch stärkere Zwischenstücke leicht der nötige größere Abstand von der Hauptschiene gegeben werden kann. Der Zwischenraum beider Schienen wird mit Zement u. s. w. vergossen. Vielfach wird für solche Bahnen auch die Phönixschiene benutzt, bei der die Rille gleich eingewalzt ist (Abb. 140). Diese Form ist aus der englischen Rillenschwellenschiene von Winby & Levick hervorgegangen, die Ende der 70er Jahre zuerst auf der Straßenbahn in Chemnitz verlegt wurde. Die älteste Form einer Rillenschiene für Straßenbahnen stammt von B. Adams. Die Rillenbreite ist für diese Bahnen im geraden Gleis meistens etwa 30 mm. Sie muß so gewählt sein, daß die Hufe der Tiere nicht darin eingeklemmt werden.



141. Greaves' Glockenunterlagen, 1859.

Da in Tropengegenden, wie schon erwähnt, Holzschwellen durch Termiten und Witterungseinflüsse schnell zerstört werden, so verwendet man dort vielfach auch eiserne Einzelunterlagen in Glocken- oder Plattenform. Sie wurden zuerst 1846 von Greaves als gußeiserne Glocken und fast gleichzeitig von Poncelet in flacher Form, beide für Stuhlschienen, in Vorschlag gebracht. Letzterer verlegte sie 1848 auf der Mecheln-Antwerpener Bahn, Greaves 1859 in Ägypten. Beide Bauarten haben bis in die Neuzeit eine ganze Schar von Nachahmungen gefunden. In den 70er Jahren stellte Livesey solche Unterlagen aus gepreßtem Eisenblech für eine ostindische Bahn her. Die plattenförmigen Anordnungen erleichtern das Unterstopfen mit Bettungsmaterial; bei den Glocken wird es zudem durch Regengüsse leichter ausgespült. Einzelunterlagen liegen aber nie so fest in der Bettung wie Schwellen, namentlich Holzschwellen, die nach Ansicht alter, erfahrener Eisenbahningenieure immer noch den besten Oberbau bei sachgemäßer Herstellung ergeben. Jene müssen deshalb nach Abb. 141, die die erste Ausführung von Greaves mit ruhendem Stoß und einfacher Keillasche zeigt, paarweise durch Querstangen in ihrer gegenseitigen Stellung gesichert werden, damit die Spurweite nicht verloren geht. Dieser Oberbau hat große Verbreitung in Ägypten, Indien, Argentinien u. s. w. gefunden.

Spurerweiterung. Um das Durchfahren der Gleisbögen zu erleichtern und gleichzeitig die Abnutzung der Räder und Schienen herabzuziehen, gibt man den Gleiskrümmungen unter 1000 m Halbmesser auf vielen Bahnen eine Spurerweiterung, d. h. vergrößert den Schienenabstand durch Hinausrücken eines Schienenstranges um ein bestimmtes

Digitized by Google

Maß. Letzteres darf im Gebiete des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen höchstens 30 mm betragen. Die preußischen Staatsbahnen zeigen folgende Werte:

Krümmungshalbmesser	800	500	400	300	200	180 m
Spurerweiterung . .	0	9	12	14	21	22 mm.

In England und Frankreich ist die Spurerweiterung eine geringere.

Schienenüberhöhung. In Gleisbögen, welche mit großer Geschwindigkeit durchfahren werden, sucht die Fliehkraft die Fahrzeuge nach außen zu drängen, so daß die Räder von dem Innenstrange abgezogen und gegen die Außenschiene gepreßt werden. Bei gleicher Fahrgeschwindigkeit ist die Wirkung dieser Kraft um so größer, je kleiner der Kurvenhalbmesser ist. Um ihren Einfluß auszugleichen, überhöht man den äußeren Schienenstrang gegen den inneren, so daß die Räder an der Außenseite des Fahrzeuges gehoben werden. Der damit gleichzeitig gehobene Teil des Lokomotiv- oder Wagengewichtes hält jener Kraft das Gleichgewicht. Für das Vereinsgebiet ist durch die technischen Vereinbarungen von 1897 vorgeschrieben, daß diese Erhöhung in Krümmungen von 500 m abwärts Platz zu greifen hat. Der kleinste zulässige Bogenhalbmesser auf Stationen ist in Deutschland 180 m, auf freier Strecke 300 m. Bei Festsetzung des Überhöhungsmaßes ist die Geschwindigkeit des schnellsten Zuges dieser Strecke zu Grunde zu legen, also in der Regel die der Schnellzüge. Für die Güterzüge dieser Strecke fällt dann zwar die Überhöhung zu groß aus und ihre Räder werden die Innenschiene zu stark pressen. Das ist aber das kleinere Übel und in Bezug auf sichere Gleislage einer geringeren Überhöhung vorzuziehen. Die höchste zulässige Fahrgeschwindigkeit wird durch die jeweiligen Neigungs- und Krümmungsverhältnisse begrenzt. Sie ist nach der „Betriebsordnung für die Haupteisenbahnen Deutschlands vom 5. Juli 1893“ wie folgt anzunehmen:

Höchste Fahrgeschwindigkeit km/St.	Auf Gefällen von ‰	In Gleisbögen mit einem Halbmesser von m
90	2,5	1000
80	5	800
75	10	700
70	12,5	600
65	15	500
60	17,5	400
55	20	300
45	25	200
40	—	180

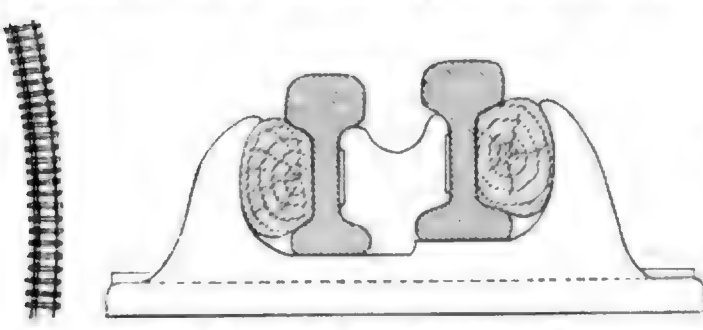
Liegt eine Gefällstrecke zugleich in einer Krümmung, so ist der kleinere Wert der beiden entsprechenden Geschwindigkeiten vorstehender Zusammenstellung maßgebend. Das Ausland, namentlich Amerika, ist weniger ängstlich und gestattet in solchen Krümmungen unbedenklich höhere Geschwindigkeiten. So gilt für österreichische Bahnen folgende Bestimmung:

Höchste Fahrgeschwindigkeit	80	75	70	65	60	55	50	45 km in der Stunde
Kleinster Kurvenhalbmesser	500	450	375	325	280	240	200	160 m.

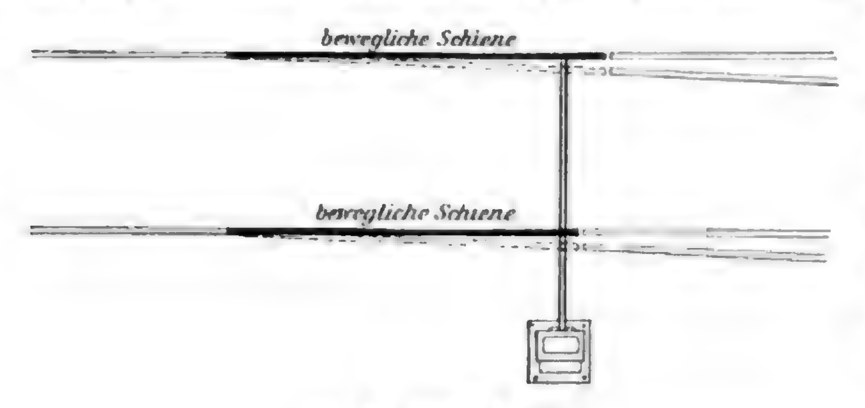
Hier dürfen also z. B. 375 m-Bögen mit 70 km in der Stunde durchfahren werden, auf deutschen Bahnen dagegen nur mit 55 km; und während auf letzteren mit 90 km nur Kurven von 1000 m aufwärts zu befahren gestattet ist, geschieht dieses in Österreich bereits von 600 m an. Ebenso werden die Gefälle im Auslande schneller durchfahren, z. B. solche von 10 ‰ mit 85 bis 90 km, bei uns sind höchstens 75 km zulässig. Dadurch wird die mittlere Fahrgeschwindigkeit der Züge in Deutschland herabgezogen.

Zwangsschienen in Gleisbögen. In England sucht man das Durchfahren besonders scharfer Gleisbögen außer durch die Schienenüberhöhung dadurch noch wirksam zu sichern, daß in allen Kurven von 200 m abwärts neben dem inneren Strange eine in ganzer Länge der Krümmung sich erstreckende Führungsschiene (Check rail) eingelegt wird. Sie soll den Seitendruck der Spurkränze gegen den äußeren Schienenstrang mildern und gleichzeitig auch die Räder am Aufsteigen auf die Außenschiene hindern, was

bei dem die Schiene anschneidenden Vorderrade der Fahrzeuge unter Umständen möglich sein kann. Die Führungs- oder Zwangsschiene ist gegen die Fahrschiene um 13 mm höher gelegt, mit ihr in gemeinschaftlichen Stühlen gelagert und durch Holzkeile gehalten (Abb. 142). Die Spurkränze der Räder schleifen oft mit kreischendem Geräusche an diesen Zwangsschienen her, das namentlich auf den mit vielen scharfen Gleisbögen angelegten Londoner Untergrundbahnen eine unangenehme Reisezugabe bildet. Derartige Führungsschienen finden sich vielfach auch auf den Hauptbahnen, namentlich im Gebirge und auf deren Nebenstrecken (Schottische Hochlandbahn Perth-Inverneß u. s. w.). Sie verraten sich dem Reisenden durch das erwähnte Geräusch. — Die als Hochbahn angelegte Berliner Stadtbahn, deren Betrieb sich in manchen Punkten an den der Londoner Untergrundbahnen anlehnt, hat ebenfalls in ihren zahlreichen scharfen Gleisbögen von diesen Führungsschienen Gebrauch gemacht.


142. Zwangsschiene in Gleisbögen.

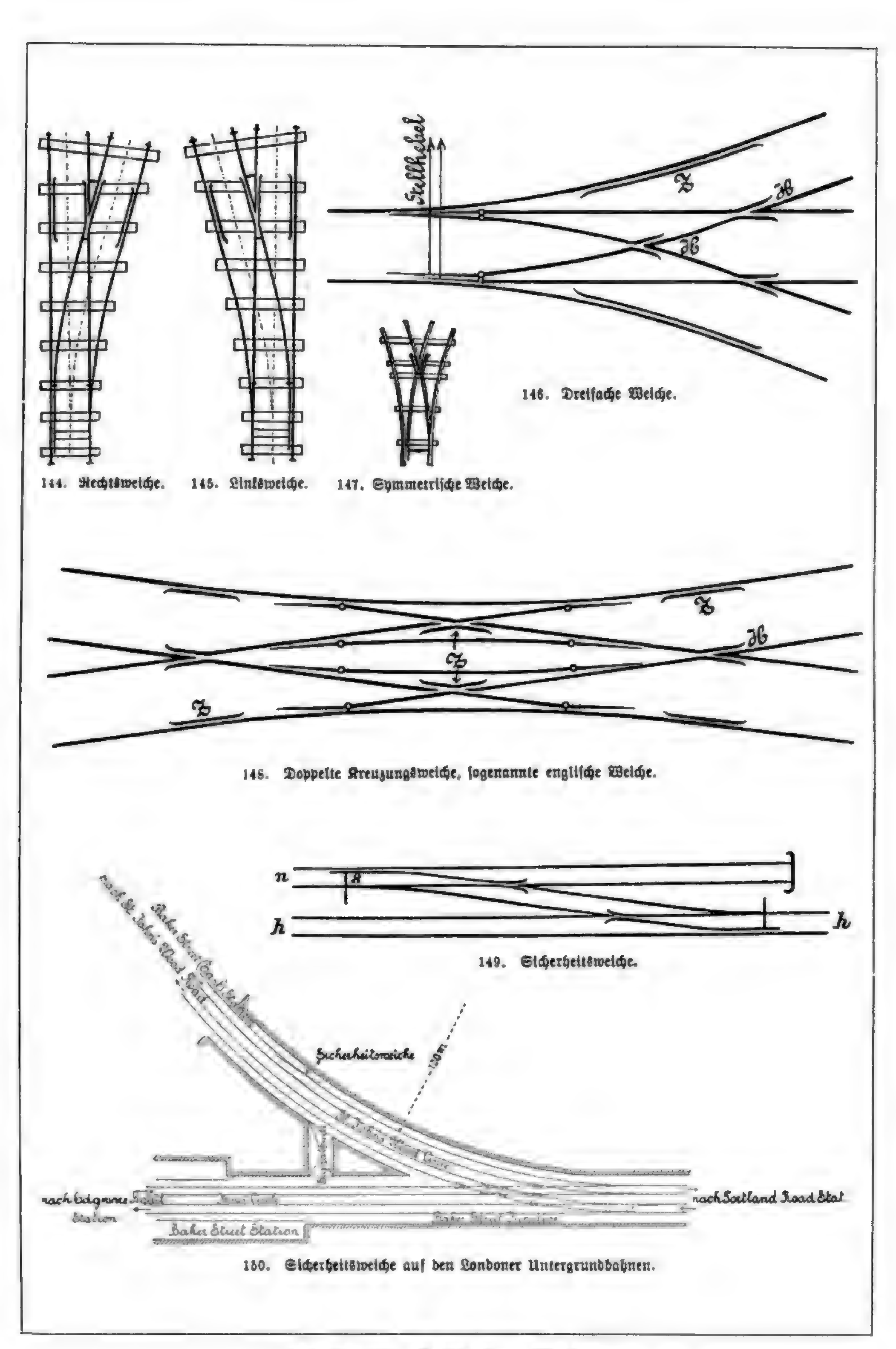
Weichen. Der Übergang der Fahrzeuge von einem Gleis auf das andere wird gewöhnlich durch Weichen, seltener durch Drehscheiben oder Schiebebühnen bewirkt. Die Weichen wurden anfangs als sogenannte Schleppweichen nach Abb. 143 gebaut. Die Bauart ist höchst einfach, aber es ist ein Schienenstrang stets unterbrochen, so daß bei falscher Weichenstellung eine Entgleisung unvermeidlich wird. Heutigestags findet sich diese Weiche in Europa nur noch vereinzelt in Fabrikgleisen und bei kleinen Industriebahnen, namentlich solchen mit tierischer Zugkraft, in Amerika dagegen kommt sie auch in Hauptbahngleisen vor. Nach Abb. 144 u. 145 legt man in der Regel Rechts- und Linksweichen, seltener dreifache Weichen (Abb. 146) an. Abb. 147 zeigt eine symmetrische Weiche, bei der beide Gleise von der Weichenmitte aus gleich stark abgebogen sind. Kreuzen sich zwei Gleise, so kann man sie, nach Abb. 148, durch eine doppelte Kreuzungsweiche, auch „ganze englische Weiche“ genannt, derart miteinander in Verbindung bringen, daß die Fahrzeuge auf einen beliebigen Strang übergehen können. H in Abb. 146 u. 148 wird Herzstück genannt. Die inneren beiden Schienen sind an der Weichenspitze unterbrochen. Die Stützung des Rades beim Übergang über diese Lücke erfolgt durch eine der beiden kurzen Flügelschienen neben der Spitze, während die sichere Führung durch die Zwangsschiene Z und das andere Rad erzielt wird. Z wird auch Radlenker genannt und besitzt entweder gleichen Querschnitt wie die Fahrschiene oder neuerdings vielfach auch Winkelform. Damit das Fahrzeug möglichst sanft durch die Weiche abgelenkt wird, schärft man die beweglichen Weichenschienen (Weichenzungen) nach dem freien Ende hin zu.



143. Schleppweiche, 1835.

Die Weichen werden entweder einzeln unmittelbar an Ort und Stelle von Hand gestellt oder von einem gemeinsamen erhöhten Punkte, dem sogenannten Weichenturme aus mittels langer eiserner Gestänge oder Drahtzüge (Weichenstellwerke). Hierfür kann man auch Preßluft, Druckwasser oder Elektrizität zu Hilfe nehmen (vergl. hierüber Abschnitt „Signalwesen“).

Sicherheitsweichen nach Abb. 149 u. 150 bezwecken die Ablenkung von Fahrzeugen, die irrtümlicherweise aus einem Seitenstrange oder ohne Vorwissen des Signal-



144. Rechtsweiche. 145. Linksweiche. 147. Symmetrische Weiche.

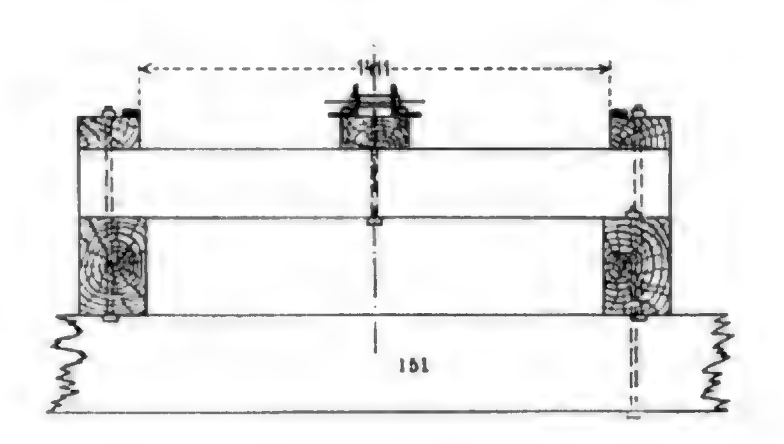
146. Dreifache Weiche.

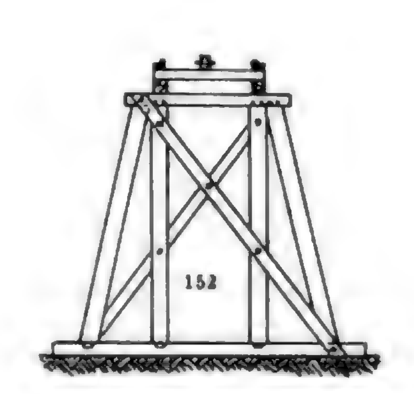
148. Doppelte Kreuzungsweiche, sogenannte englische Weiche.

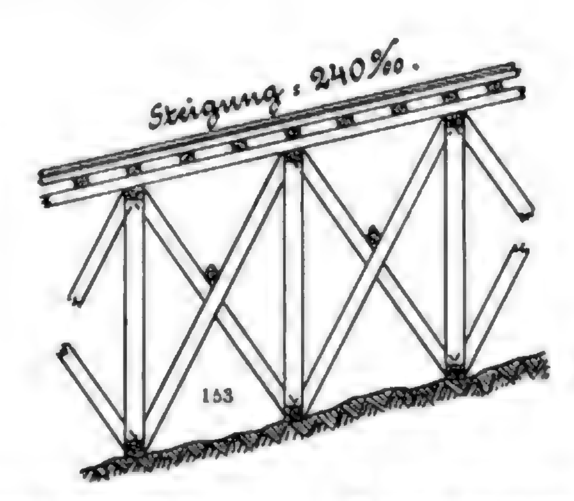
149. Sicherheitsweiche.

150. Sicherheitsweiche auf den Londoner Untergrundbahnen.

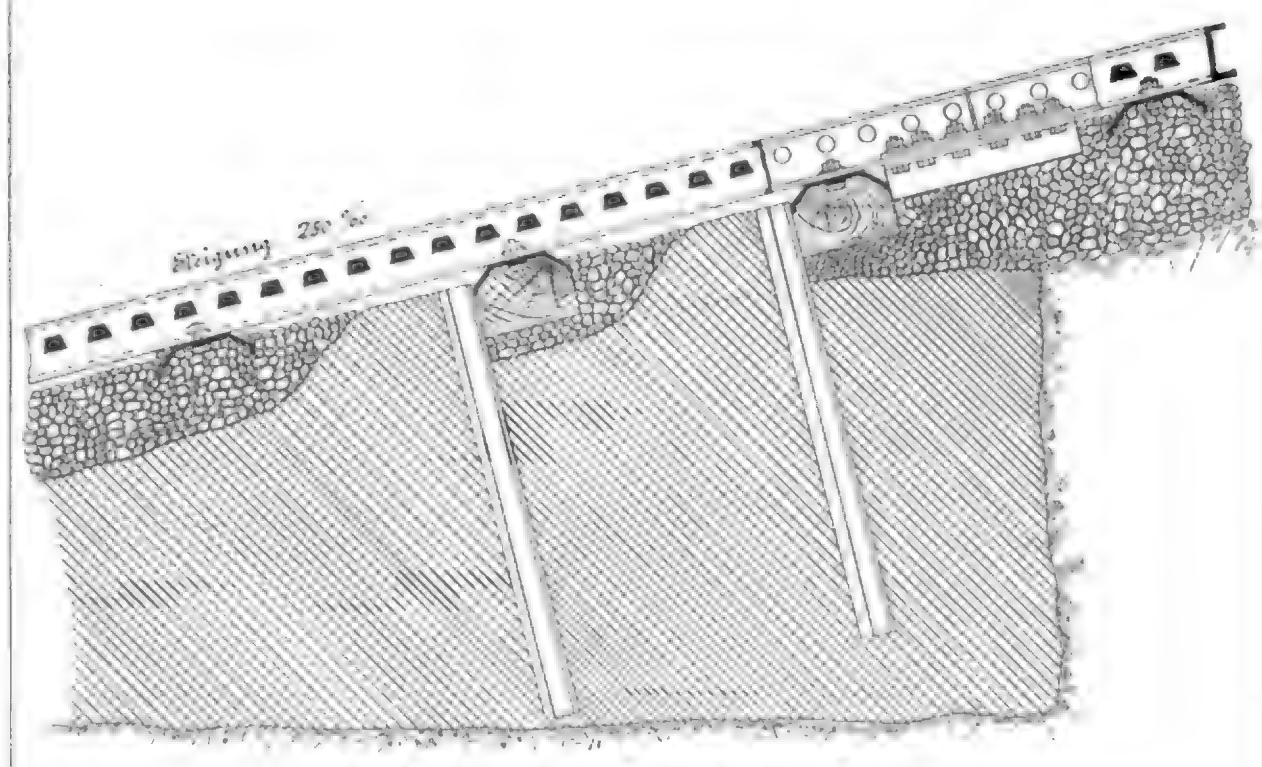
144 bis 150. Verschiedene Weichen.







151 bis 153. Oberbau der ersten Zahnbahn mit schmiedeiserner Zahnstange (Mount Washington).

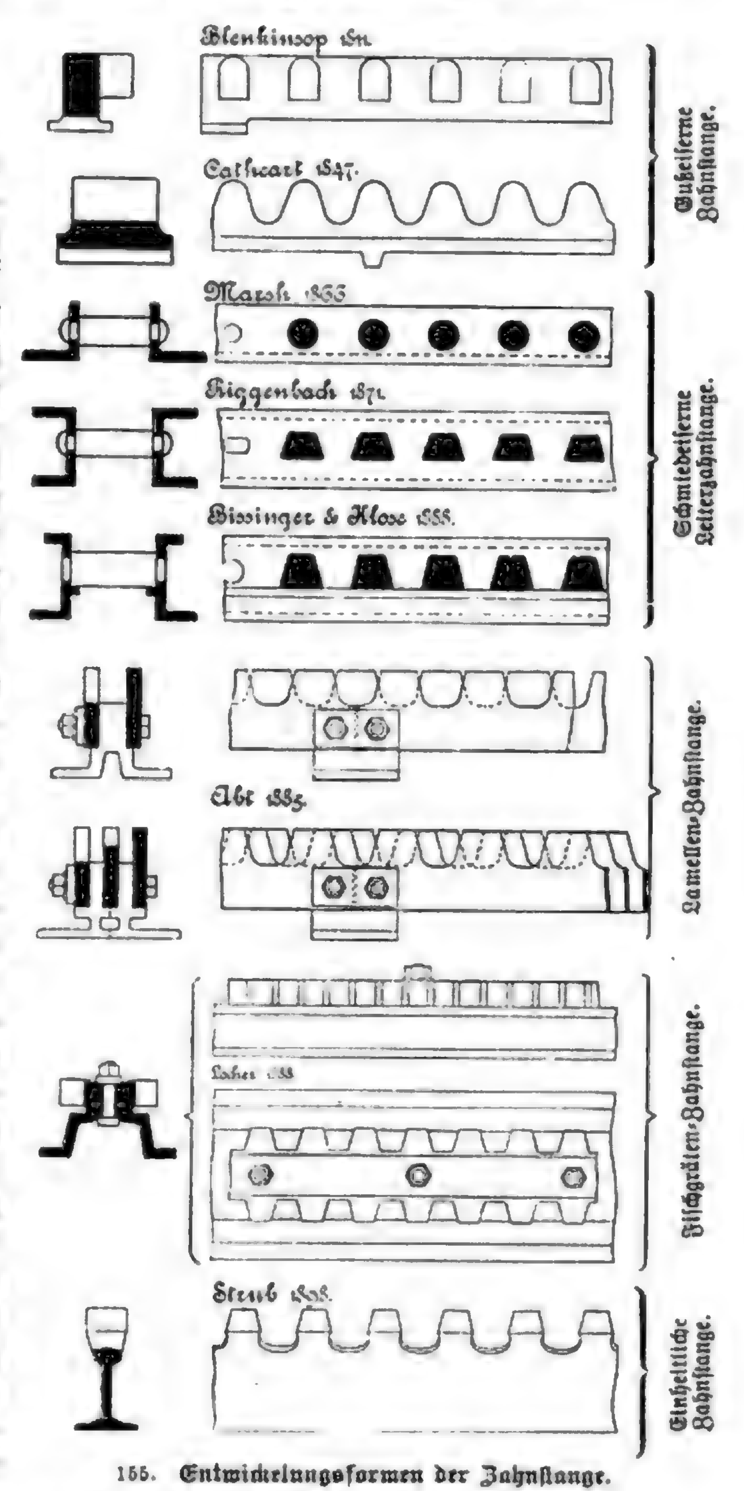


154. Oberbaustützen der Zahnbahn Vitznau-Rigikulm.

wärters*) nach einem Hauptgleis sich bewegen, zu einer Zeit, wo letzteres befahren wird. Die Weiche (s in Abb. 149) steht dann so, daß die Verbindung mit dem Hauptgleis h aufgehoben ist. Jedes Fahrzeug des Seitenstranges n, das jetzt in die Weiche s gelangt, wird hier auf einen toten Strang geleitet, der frei oder in eine Sandschüttung ausläuft. Nach Abb. 150 würde ein solches Fahrzeug in der Sicherheitsweiche zum Entgleisen gebracht werden. Nur nach Entriegelung und Umstellung der Weiche s durch den Signalwärter ist ein Übergang von dem Neben- auf den Hauptstrang möglich. Der Betrieb des Hauptgleises kann sonach nicht gefährdet werden. Derartige Sicherheitsweichen finden sich vielfach auf englischen Bahnen. Sie sind seit langen Jahren für Neuanlagen dort vorgeschrieben.

Sonderheiten im Oberbau der Steilbahnen.

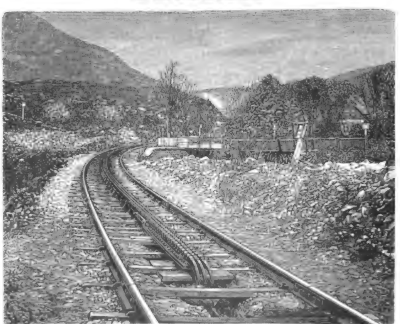
Zahnbahnen. Marsh war bei Anlage der ihm bereits 1858 regierungsseitig genehmigten, doch erst 1866 in Angriff genommenen Zahnbahn auf den Mount Washington infolge knapper Geldmittel gezwungen, möglichst billig zu bauen. Infolgedessen glich er alle stärkeren Höhenunterschiede an der Felslehne durch hölzerne Gerüstbauten nach Art der Abb. 151 bis 153 aus und stellte sogar das Gleis aus Flacheisen mit Langschwellen-Unterlage her. Die Gleisanordnung war eine verfehlte und als solche anderswo schon seit fast 30 Jahren bekannt. Auch Marsh sollte dieses bald erkennen, als nach Fertigstellung der ersten Teilstrecke die Lokomotive in Thätigkeit trat. Die Flacheisenschienen mußten schleunigst gegen die Breitfußschienen ausgewechselt werden, um die durch Schienenbruch veranlaßten zahlreichen Betriebsstörungen zu vermeiden. Die Holzgerüste wechselten in ihrer Höhe von $^1/_2$ bis 8 m. Letzteres Maß wurde auf der Steilrampe von 377 $^0/_{00}$ erforderlich. Die Bauschwierigkeiten waren nicht gering. Die Arbeiter konnten an den steilen, nackten Felshängen nur mit Steigeisen thätig sein. Abb. 153 zeigt einen Gleisabschnitt der mittleren Steigung (240 $^0/_{00}$). Um ein Abheben der Lokomotivräder von ihren Schienen zu hindern, stützen sich am Lokomotivgestell befestigte Rollen gegen die untere Fläche der frei überragenden Zahnstangen-Winkeleisen. Die



155. Entwickelungsformen der Zahnstange.

*) Der Signalwärter nimmt in England eine besondere Stellung im Eisenbahndienste ein. Nicht nur bedient er das Stellwerk im Weichenturme — vergl. Abschnitt „Signalwesen“ — sondern er stellt auch selbständig und unabhängig von dem Stationsvorsteher die Ein- und Abfahrtssignale für die Züge. Dem Stationsvorsteher liegt nur die Sorge um den Verkehr der Reisenden am Bahnsteige ob.

156. Abts Weiche für Zahnbahnen.



157. Zahnstangeneinfahrt der Harzbahn Blankenburg-Tanne.

Digitized by Google

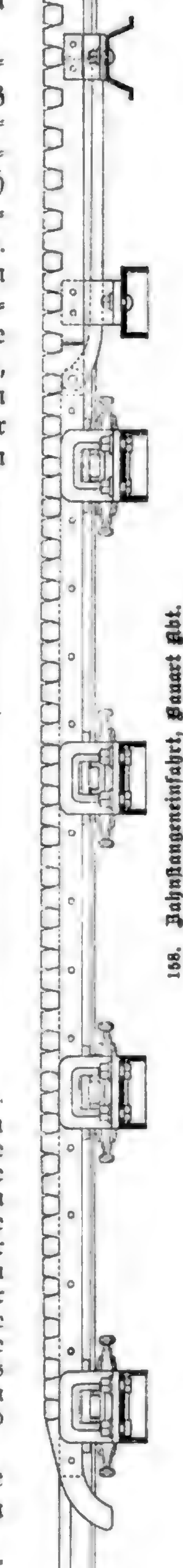
runden Zähne sind in diesen Winkeleisen vernietet. Ihr Abstand von Mitte zu Mitte beträgt 100 mm, welchen Wert die meisten Zahnbahnen beibehalten haben.

Beim Bau der Rigibahn 1869/71 wandte Riggenbach hölzerne Querschwellen an, über die an beiden Enden Langschwellen aus Quadratholz gestreckt waren. Das ganze Gleis wurde außer durch Schienen und Zahnstange auch noch durch diese verschraubten Langschwellen fest zusammengehalten. Holz ist aber nicht nur vergänglich, sondern verzieht sich auch im Freien. Die Lage der Zahnstange zu den Fahrschienen ist daher Änderungen unterworfen, die den Eingriff des Zahnrades ungünstig beeinflussen. Deshalb verwendet man jetzt für Zahnbahnen nur eiserne Querschwellen und hat solche demgemäß auch später am Rigi unter Fortlassung der hölzernen Langschwellen eingebaut. Das Wandern des Gleises, d. i. eine Längsverschiebung des Gleises infolge der Kräftewirkung der Fahrzeuge, das auch bei Reibungsbahnen auf wagerechter Strecke, und zwar beim Oberbau mit hölzernen Querschwellen, namentlich wenn dieser nur in einer Richtung befahren wird, vorkommt,*) kann auf steilen Rampen in verstärktem Maße auftreten, und zwar ist es bergabwärts gerichtet. Die eiserne Zahnstange gibt wohl eine gute Verankerung aller Querschwellen ab, doch bringt man zur größeren Sicherheit gegen Rutschen noch Betonklötze oder Eisenstützen — gewöhnlich paarweise und senkrecht zur Gleisneigung — an (Abb. 154). Je nach der Bahnneigung liegen diese Sicherheitsstützen in größerem oder kleinerem Abstande voneinander. Außerdem sucht man durch geeignete Form und Länge der sich an die Querschwellen anlehnenden Laschen, sowie durch besondere Stützwinkel und dergl. das Wandern zu verhindern.

Über die Form der Zahnstange ist im vorigen Abschnitt das Wesentliche schon gesagt. Bemerkenswerte Einzelheiten in ihrer Bauart ergeben sich aus der Zusammenstellung in Abb. 155, in der die Entwickelung der Zahnstange mit ihren neueren erprobten Abarten zeichnerisch zur Anschauung gebracht ist.

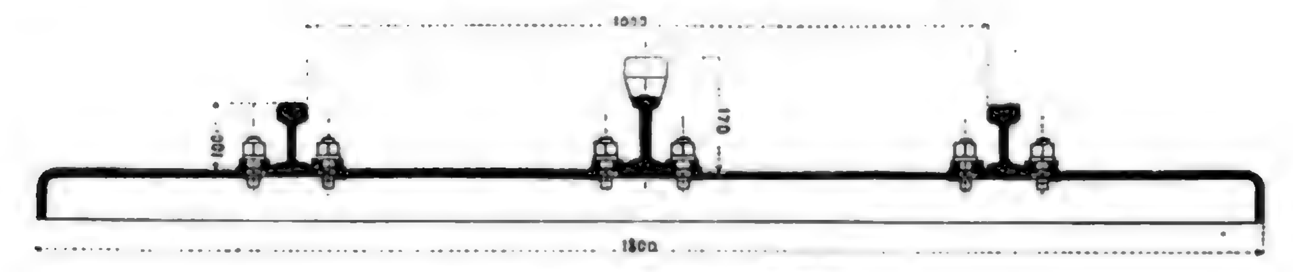
Solange bei der Leiterzahnstange runde Zähne benutzt wurden, genügte ihre Befestigung in den beiden Wangeneisen durch Vernieten der ebenfalls kreisrunden Zapfen. Als aber Riggenbach die bessere Evolventenverzahnung einführte, mußten die trapezförmigen Zähne gegen Verdrehen geschützt werden. Er erreichte dieses durch die in Abb. 155 angedeutete längliche Form der Zapfenlöcher. Bissinger und Klose verhindern diese Drehung durch eine den Wangeneisen angewalzte Leiste, auf die sich die Zähne mit ihrer unteren Fläche legen. Bei Abt, Locher und Strub sind dieselben aus der vollen Stange herausgearbeitet. Es sind dies einheitliche Zahnstangen im Gegensatze zu den anderen, die aus vielen Teilen zusammengesetzt sind. Abt verwendet je nach der Bahnneigung und Zuglast eine oder zwei Zahnstangen nebeneinander (mehrteilige Stange), bei älteren Ausführungen, wie Harzbahn u. s. w., nahm er auch drei. Die Treibachse der Lokomotive trägt dementsprechend ein oder zwei bezw. drei Zahnräder nebeneinander. Bei mehrteiliger Stange sind sie, wie Abb. 236 erkennen läßt, etwas gegeneinander verdreht, so daß sie sogenannte Stufenräder bilden; ebenso sind die Zahnstangen entsprechend versetzt. Es wird hierdurch nach einem alten, in der Maschinenbaukunst mehrfach angewendeten Mittel der Zahneingriff verbessert, hier somit der Gang der Lokomotive und dadurch auch derjenige der Wagen etwas ruhiger und sanfter gestaltet.

Wichtig ist die Baulänge und Stoßfuge der Zahnstange. Letztere muß sich gleich den Fahrschienen beim Wärmewechsel ungehindert ausdehnen

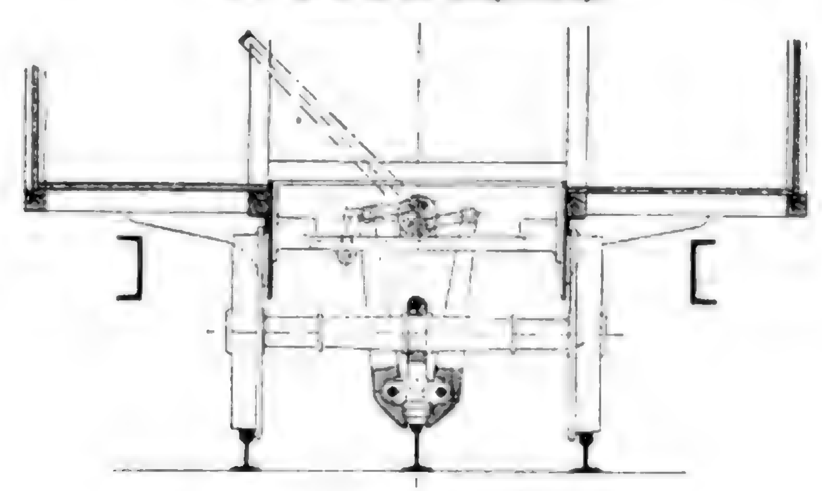


158. Zahnstangeneinfahrt, Bauart Abt.

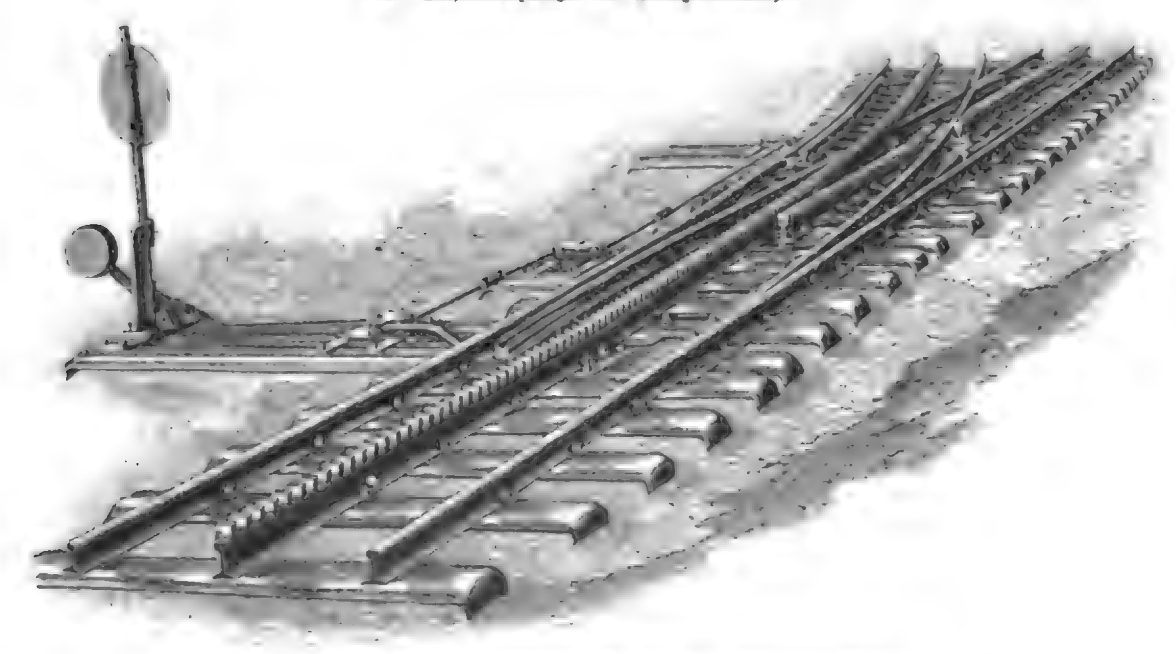
*) Bei Eisenschwellen wird das Wandern durch die Klemmplättchen verhindert, wenn diese nach Abb. 131 in einer Ausklinkung der Laschen liegen.



159. Oberbau der Jungfraubahn



160. Schienenzange der Jungfraubahn.



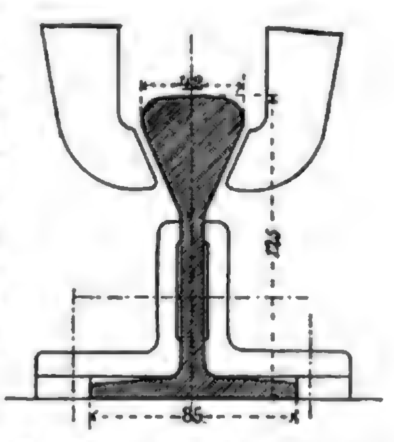
161. Strubs Zahnstangenweiche der Jungfraubahn.

bezw. zusammenziehen können, ohne jedoch an den Stößen eine Änderung in dem Abstande der beiden Nachbarzähne (Zahnteilung) zu erleiden, denn sonst könnte sich das Lokomotivzahnrad nicht zwanglos auf der Stange abwickeln. Damit nun die unvermeidlichen Längenänderungen möglichst klein gehalten werden, macht man die Zahnstangenstücke kurz, gleich 2½ bis etwa 3½ m. Stets bildet die Fahrschienenlänge ein Vielfaches eines solchen Stangenstückes. So ist z. B. am:

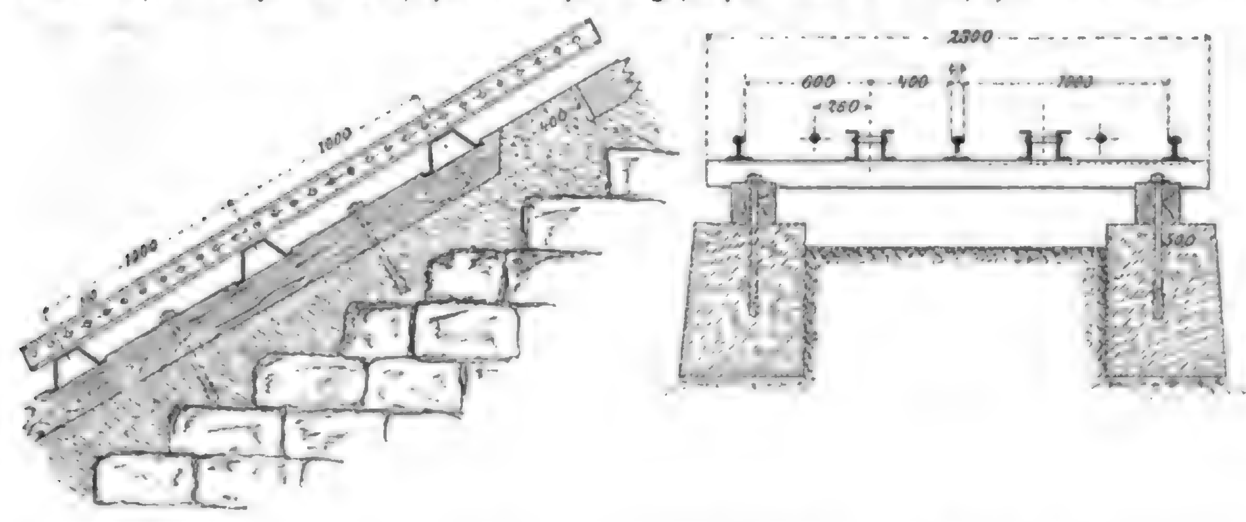
	Baulänge der Schienen	Baulänge der Zahnstange
Rigi	9 m	3 m
Pilatus	6 „	3 „
Gornergrat . . .	10,8 „	2,7 „
Eiger	10,8 „	3,6 „

Die Stöße der Fahrschienen werden gegen die der Zahnstange versetzt. In Krümmungen muß auch die Leiterzahnstange entsprechend durchgebogen sein, was ihre Herstellung verteuert, bei der Abtschen Stange ist dieses nicht erforderlich. Man sucht mit möglichst wenigen Krümmungshalbmessern verschiedener Größe auszukommen, so sind an der Gornergratbahn (1 m-Spur) alle Gleisbögen einheitlich mit 80 m Halbmesser angelegt, an der Rigibahn (1435 mm-Spur) zumeist mit 180 m.

Der Bau betriebssicherer Zahnbahnweichen machte anfangs Schwierigkeiten. Auf den Rigibahnen wurde deshalb an den Ausweichestellen eine Schiebebühne mit Zahnstange zum Umsetzen ganzer Züge eingelegt. Auch die Pilatusbahn macht von solcher Bühne Gebrauch. Später gab Abt eine einfache Bauart an, die häufig auch für die Riggenbachschen Bahnen zur Ausführung gekommen ist (Abb. 156). Damit die Zahnräder in den Ausweichestellen ungehindert über die Fahrschienen kommen, legt man die Zahnstangen, wie es schon 1847 Cathcart gethan hatte, nach Abb. 158 u. 159 stets höher als die letzteren. Es lassen sich dann auch leichter etwa in die Zahnlücken gefallene Steine beseitigen.


162. Schienen- und Zangenbremse der Stanserhornbahn.

Bei den vereinigten Zahnstangen- und Reibungsbahnen ist das Anfangsstück einer jeden Zahnstangenstrecke, die Zahnstangeneinfahrt, besonders zu gestalten, damit die Zähne der Lokomotiv-Treibzahnräder während der (verlangsamten) Fahrt, möglichst stoßfrei und sanft zum Eingriff gelangen. Ist dieser erfolgt, so setzt der Führer auch die Zahnradmaschine in Thätigkeit. Nach Abts Vorgang bei der Harzbahn Blankenburg-Tanne im Jahre 1885 werden diese Einfahrtstrecken jetzt nach Abb. 157 u. 158 angelegt. In ihnen ist das Zahnstangenstück an einem Ende drehbar und ruht mit den Fahrschienen und Querschwellen auf kräftigen Federn. Die Zähne des beweglichen Stückes sind nach dem Einfahrtsende hin abgeflacht, damit die einfahrende Lokomotive



163. Oberbau der Drahtseilbahn Lauterbrunnen-Grütschalp. (Größte Steigung 600 $^0/_{00}$.)

leichter zum Eingriffe gelangt; gegebenenfalls drückt das Triebzahnrad die Stange nieder, wobei es langsam gedreht wird, so daß die Zähne schließlich richtig in die Lücken greifen.

Der Schweizer Ingenieur Strub hat für die Jungfraubahn eine neue Zahnstangenform erdacht (Abb. 159). Sie ist bereits seit 1898 auf der offenen Strecke: Kleine Scheidegg-Großer Tunnel in Anwendung, desgleichen seit dem Sommer 1899 bis zu der ersten Tunnelstation (Rothstock). Eigentümlich an ihr sind die seitlich schräg begrenzten Außenflächen. Diese dienen als Führung einer Schienenzange, deren Maulenden nach Abb. 160 bis nahe an die Keilflächen der Zahnstange eingestellt sind. Hierdurch wird das Fahrzeug wirksam gegen das Aufsteigen an den Zahnflanken der Stange

Digitized by Google

und somit gegen Entgleisen geschützt. — Derartige Zangen kamen zum erstenmal bei der Seilbahn auf das Stanserhorn (Abb. 69) zur Anwendung. — Abb. 161 zeigt die Strubsche Weiche für Zahnbahnen. Mit den beiden Weichenzungen sind hier drei Zahnstangenzungen gleichzeitig zu bewegen, wovon zwei miteinander gekuppelt und nahe dem Herzstück gelegen sind, während die dritte zwischen den Fahrschienenzungen sich befindet. Beim Umstellen der Weiche legt sich stets eine der gekuppelten Zahnzungen über die eine innere nicht benutzte Fahrschiene und stellt dadurch einen fortlaufenden Eingriff für das Lokomotivzahnrad her. In Abb. 161 zeigt die Weiche auf die linksseitige Abzweigung, daher die im geraden Strang liegende Zahnstange zweimal unterbrochen erscheint.

Seilbahnen. Während man sonst den Oberbau der Seilbahnen genau wie den der Zahnradbahnen herstellte, also mit einer Zahnstange im Gleise (Abb. 163), in die hier ein zum Bremsen dienendes Zahnrad, das auf einer Radachse der Fahrzeuge befestigt ist, eingreift, hat man bei der Stanserhornbahn diese Zahnstange fortgelassen. Hierdurch wurden die Baukosten wesentlich vermindert. Da aber im Falle eines Seilbruchs die Wagen mit Sicherheit zum Halten gebracht werden müssen, so ersetzten mit bestem Erfolge 1893 Bucher und Durrer, die Erbauer jener Bahn, die Zahnstange durch die erwähnte Zangenbremse, deren „Maul“ sich beim Bremsen gegen die Keilflächen des Schienenkopfes (Abb. 162) legt. Die Schweizer Aufsichtsbehörde gab die Bauerlaubnis hierzu erst nach dem guten Ausfall eingehender praktischer Versuche auf einer mit 70‰ angelegten Probestrecke. Im Falle eines Seilbruchs tritt diese Zangenbremse sofort selbstthätig in Wirksamkeit. Näheres über diese bemerkenswerte Bahn befindet sich im Abschnitt „Seilbahnen“.

Als Beispiel eines Seilbahnenoberbaues möge Abb. 163 (Steilstrecke der Mürrenbahn) dienen. Das natürliche Felslager ist hier treppenartig abgestuft und mit zwei in ganzer Bahnlänge durchlaufenden 50 cm breiten Betonkörpern versehen. Auf diesen ruhen die hölzernen Langschwellen, gegen Abrutschen (Wandern) durch Eisenanker und 40 cm starke Betonklötze wirksam gesichert. Die weiteren Einzelheiten dieses dreischienigen Oberbaues mit seinen beiden Zahnstangen und Drahtseilen — für jede Fahrrichtung eine Zahnstange — sind aus den Abbildungen ersichtlich. Die eingetragenen Maße hat Verfasser an Ort und Stelle aufgenommen. Das Abheben der Wagen dieser kühn angelegten Bahn wird durch Fangeisen verhindert, welche, wie bei vielen Zahnbahnen, zangenartig unter die beiden Flansche der Zahnstangenwangen greifen. Andere Drahtseilbahnen (Bürgenstock, Stanserhorn u. s. w.) zeigen die Querschwellen völlig mit Beton umhüllt, so daß ein fester Unterbau geschaffen ist. Diese Bauart hat sich bei geringen Fahrgeschwindigkeiten bis zu 1½ m/sec. bewährt, bei größerer Schnelligkeit fährt es sich aber zu hart. —

Betriebsmittel.

Die Lokomotive.

Grundlagen für den Bau und die Wirkungsweise der Lokomotive.

Um die geschichtliche Entwickelung der Lokomotive klarer verfolgen und die nach und nach getroffenen wichtigeren Verbesserungen derselben eingehender würdigen zu können, bedarf es zunächst einer Darlegung derjenigen Grundlagen, die für den Bau und die Wirkung der Lokomotive allgemein maßgebend sind. Erst nach ihrer Erörterung wird sich zweckmäßig das Geschichtliche, das gerade hier von besonderem Interesse ist, angliedern können.

An jeder Lokomotive unterscheidet man drei Hauptteile: den Dampfkessel, die Dampfmaschine und den Wagen oder das Rahmengestell. Der Kessel dient zur Erzeugung hochgespannten Wasserdampfes, dessen Energie in der Dampfmaschine nutzbar gemacht und in Arbeit (Zugkraft mal Geschwindigkeit) umgesetzt wird. Kessel und Maschine werden von dem Wagen getragen, der das Ganze lauffähig macht und die gewonnene Arbeit an die Treibräder bezw. den Zughaken der Lokomotive zwecks Beförderung ihrer selbst, sowie der Wagenlast abgibt. — Abb. 164 bis 169 zeigen die vortrefflich durchgebildete neuere Schnellzuglokomotive der preußischen Staatsbahnen. Zur Erläuterung diene in etwas abgekürzter Wiedergabe die Beschreibung der Lokomotive, wie sie von keinem Geringeren denn dem Grafen Moltke*) im Jahre 1843 in klarer und bündiger Weise verfaßt ist.

„Dem Kesseldampf bieten sich zwei Auslaßwege: durch das Sicherheitsventil und, wenn die Maschine arbeitet, durch die Cylinder. In den letzteren befindet sich ein Kolben, welcher vorwärts und rückwärts verschoben wird, wenn mittels des Regulators dem Dampf der Zutritt in den Cylinder vor oder hinter den Kolben gewährt wird. Bevor aber der letztere den Grund des Cylinders erreicht, schließt sich mittels einer einfachen und sinnreichen Vorrichtung die Öffnung, durch welche der Dampf eingedrungen war, und es öffnet sich ein Ausweg für denselben nach dem Rauchfang, durch welchen er alsbald entweicht. Durch dieses wechselseitige Eintreten von frischem Dampf und Austreten des verbrauchten bald an einem, bald am anderen Cylinderende bleibt der Kolben in einer beständigen und zwar sehr raschen Bewegung vorwärts und rückwärts. Die Lokomotive ruht auf vier, sechs oder acht Rädern, von denen die Leit- und Treibräder unterschieden werden müssen. Die ersteren sind kleiner und dienen nur dazu, die Last der Maschine zu tragen, die letzteren, von bedeutend größerem Durchmesser, sollen sie fortbewegen. Die Kolben in den Cylindern nun stehen mittels Stangen in Verbindung mit Kurbeln an den Treibrädern, so daß jede Bewegung einmal rückwärts und einmal vorwärts der ersteren eine volle Umdrehung der letzteren zur Folge hat.

Überall, wo zwei Körper sich in unmittelbarer Berührung einer über den anderen fortbewegen, entsteht Reibung. Auf sie ist die Anwendung von Lokomotiven zum Fortziehen von Lasten basiert. Die Elastizität der im Kessel entwickelten Dämpfe treibt in den Cylindern, wie wir sahen, den Kolben hin und her, und diese Bewegung teilt sich zunächst den Treibrädern mit, welche das Bestreben erlangen, sich umzudrehen. Weil sie auf den Eisenschienen, auf welchen sie ruhen, einen Widerstand finden, den man gewöhnlich Adhäsion nennt und welcher sie hindert, sich frei um ihre Achse zu drehen, so treiben sie diese Achse selbst vorwärts, d. h. sie rollen fort und ziehen die Last, welche angehängt sein möchte, mit." —

Zugkraft der Lokomotive. Befördert die Lokomotive einen Wagenzug mit gleichmäßiger Geschwindigkeit, so ist ihre Zugkraft gleich dem Widerstande des gesamten Zuges einschließlich Lokomotive. Nach früherem hängt dieser Widerstand ab von der Neigung und Krümmung der Bahn, der Fahrgeschwindigkeit, der Bauart der Fahrzeuge und den Witterungsverhältnissen. Er schwankt sonach. Seinem größeren oder geringeren Werte muß der Lokomotivführer die von der Lokomotive zu äußernde Zugkraft anpassen. Zu dem Zwecke ist die Maschine mit einer Coulissensteuerung ausgestattet, die in einfachster Weise nicht nur jeden gewünschten Füllungsgrad der Dampfcylinder (stärkere oder schwächere Speisung mit Kesseldampf) und damit eine Änderung der Zugkraft ermöglicht, sondern auch das Vor- und Rückwärtsfahren.

---

*) Vergl. „Moltkes gesammelte Schriften", Bd. II. Verlag von Mittler und Sohn, Berlin, 1892. S. 230—274.

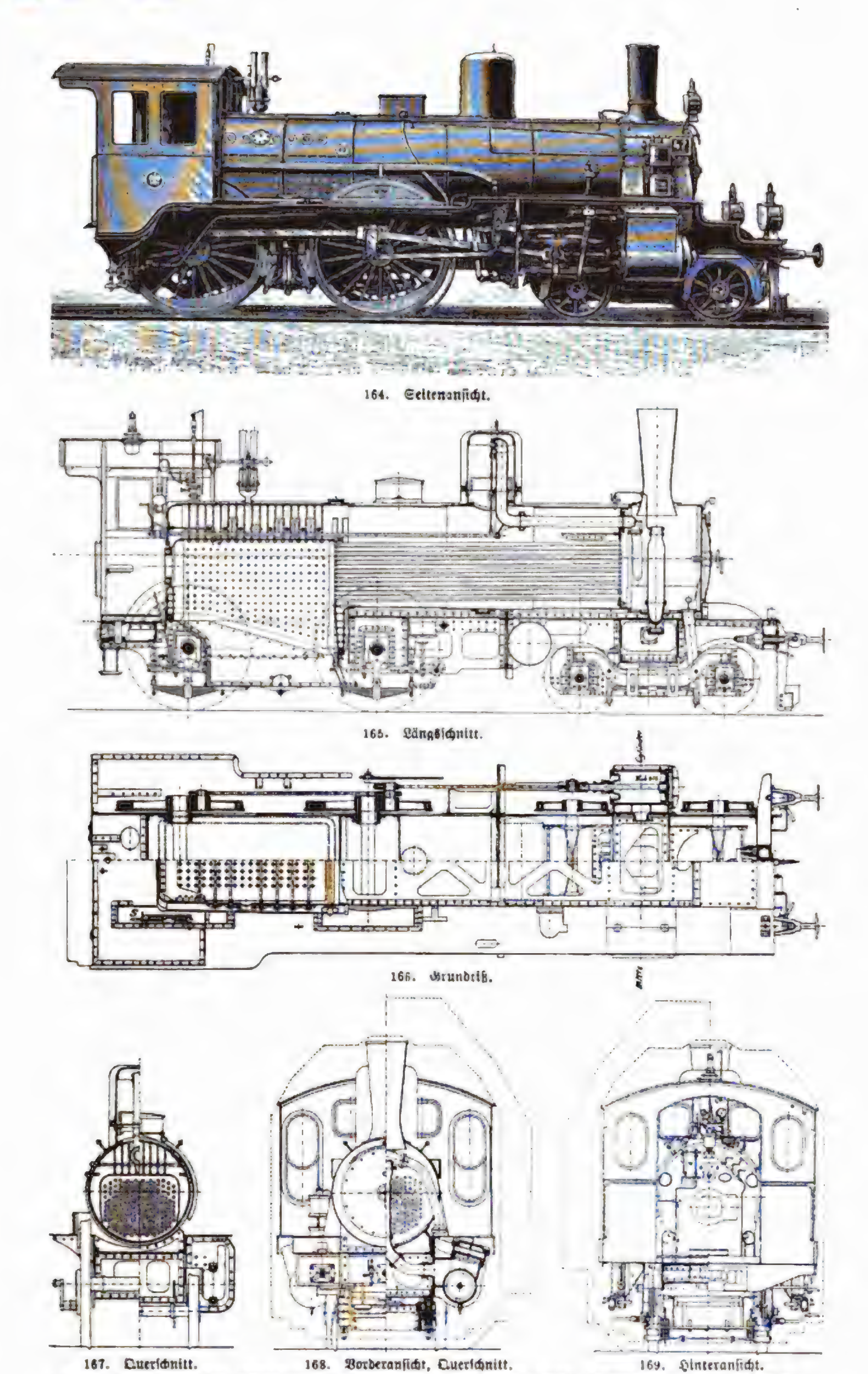
Bekanntlich ist nun die Reibung der Ruhe größer als diejenige der Bewegung. Der Widerstand, den ein in Ruhe befindliches Fahrzeug seiner Bewegung auf den Schienen entgegensetzt, ist daher auch größer, als wenn letzteres bereits in Bewegung sich befindet und weitergezogen werden soll. Die Ingangsetzung eines Zuges erfordert deshalb unter gleichen Verhältnissen eine stärkere Zugkraft, als seine Beförderung während der Fahrt. Dieser größere Wert muß von der Maschine geleistet werden; ihm müssen die Dampfcylinder, der Durchmesser der Treibräder, sowie der zulässige Dampfdruck des Kessels angepaßt sein. Die Lokomotive vermag aber nur dann den Zug wirklich in Bewegung zu setzen, wenn auch die Reibung zwischen ihren Treibrädern und den Schienen — die sogenannte Adhäsion — mindestens ebenso groß ist. Ist dieselbe kleiner als die auf die Treibräder übertragene Kraft der Dampfmaschine, so drehen sich die letzteren auf der Stelle, sie gleiten auf der Schienenfläche, ohne daß ein Fortrücken des Zuges erfolgt. Man sagt, die Lokomotive „schleudert"*). Es ist das eine bei feuchten Schienen häufig zu beobachtende Erscheinung, sowohl bei Abfahrt des Zuges, als auch auf Steigungen. Dicke Dampfwolken entströmen dabei mit lautem Getöse und großer Schnelligkeit dem Schornsteine. Der Lokomotivführer muß in solchem Falle durch sofortiges Schließen des Regulators, d. i. des Absperrschiebers am Kessel, den Dampfzufluß zu den Cylindern absperren, die Schienen mit Sand bestreuen und sodann vorsichtig aufs neue den Regulator öffnen. Ist dagegen die Schienenreibung genügend groß, wird sie nicht von der Maschinenkraft übertroffen, so drehen sich zwar die Treibräder auch um ihre Achse, aber sie gleiten jetzt nicht mehr auf den Schienen, sondern wälzen sich auf ihnen ab, rollen über sie fort und nehmen die Lokomotive und den Wagenzug mit. Die größte Zugkraft, welche die Lokomotive ausüben kann, ist nach vorstehendem gleich der Schienenreibung. Diese schwankt nun zwischen $^1/_4$ und $^1/_{20}$ des von den Treibrädern auf die Schienen ausgeübten Druckes. Sie ist am ungünstigsten, d. h. am kleinsten bei Glatteis, desgleichen wenn Fett, Schleim, oder nasses Laub sich auf ihnen abgelagert hat; sie ist ferner gering bei schwachem Regen, wenn die Schienen vorher staubbedeckt waren. Ganz nasse (rein gewaschene) Schienen dagegen ergeben eine fast ebenso große Reibung wie trockene. Deshalb reinigen einige Bahnverwaltungen, wie die der Gotthardbahn und der österreichischen Staatsbahnen die Schienen gewisser Strecken durch einen Wasserstrahl, der durch eine kleine Pumpe an der Lokomotive vor deren Vorder- oder Treibrädern auf die Schienen geleitet wird.

Unter mittleren Verhältnissen beträgt die größte Schienenreibung $^1/_6$ bis $^1/_7$, im Mittel $^1/_{6,5}$ des gesamten Raddruckes einer Achse.

Hiernach erscheint es vorteilhaft, auf den Treibachsen recht viel Lokomotivgewicht ruhen zu lassen. Dem sind aber doppelte Grenzen gezogen. Einmal darf der Druck auf die Flächeneinheit des Rad- und Schienenmaterials nicht zu groß sein, damit dasselbe nicht seine Festigkeit einbüßt und zerdrückt wird, sodann auch gestattet die Tragfähigkeit

*) Die Erscheinung des Schleuderns wird mitunter sogar durch Raupen und Heuschreckenschwärme hervorgerufen, wenn diese die Schienen dicht bedecken und dann von den Lokomotivrädern zerdrückt werden. Aus diesem Grunde ist z. B. ein von ungeheuren Heuschreckenschwärmen nicht selten heimgesuchter Abschnitt der Strecke la Entrada-Valencia der Venezuelabahn mit Zahnstange ausgestattet, obwohl die Steigungsverhältnisse diese nicht unbedingt erfordert hätten. In dem alten Giovitunnel in Norditalien, der wegen seiner starken Neigung und äußerst mangelhaften Lüftung berüchtigt ist, sind es wiederum Mengen von Schnecken, die die Lokomotivräder ins Schleudern bringen.

Zur Erhöhung der Schienenreibung im Falle des Schleuderns führt jede Lokomotive einen oder mehrere Behälter mit gut getrocknetem, möglichst scharfem Sand, sogenannte Sandstreuer mit sich. Dieselben werden vom Führer bethätigt und lassen den Sand durch tief herabgehende Röhren vor den Treibrädern auf die Schienen fallen. Bei vielen Schnellzuglokomotiven, namentlich englischen, findet man seit etwa 10 Jahren Dampf- oder Preßluftsandstreuer angebracht. Hier wird der Sand durch einen Dampf- oder Luftstrahl aus dem Sandkasten angesaugt und dicht vor die Berührungsstelle der Treibräder und Schienen geworfen. Ihre Wirkung ist eine so gute, daß in England neuerdings noch Schnellzuglokomotiven nur mit einer Treibachse („freie Treibachse") gebaut werden, sogenannte Single-Maschinen. Deren Adhäsion wird durch das Besanden so erhöht, daß sie nicht zu schwere Züge anstandslos anfahren und befördern können. Da durch das sonst übliche Kuppeln der Räder der Eigenwiderstand der Lokomotive erhöht wird, so arbeiten die Lokomotiven mit freier Treibachse vorteilhafter.



164. Seitenansicht.

165. Längsschnitt.

166. Grundriß.

167. Querschnitt. 168. Vorderansicht, Querschnitt. 169. Hinteransicht.

164 bis 169. Vierachsige zweigekuppelte Schnellzuglokomotive der preuß. Staatsbahnen mit Drehgestell.

Digitized by Google

des Gleises (Schienenstöße) und der Brücken nicht die Überschreitung eines gewissen Raddruckes. In England geht man wegen des dort üblichen kräftigen und geradezu vorzüglichen Oberbaues mit dem Treibraddruck bis auf 9500 kg. In einzelnen Fällen ist man in Nordamerika sogar auf 10000 kg, ja selbst auf 10950 kg (Illinois Zentralbahn, vergl. S. 226) gegangen. In Deutschland waren bisher nur 7000 kg Radbelastung zulässig. Bei denjenigen Strecken jedoch, die endlich einen schwereren Gleisbau erhalten haben, bezw. in Zukunft bekommen, und deren Brücken natürlich auch kräftig genug sind, ist seit Herbst 1898 ein Raddruck von 8000 kg zugelassen worden.

Die Abmessungen der Lokomotivmaschine, der zulässige Dampfdruck und der Durchmesser der Treibräder müssen der aus der Achsbelastung sich ergebenden Adhäsionszugkraft genügen, anderenfalls kann nur die durch sie begrenzte größte Anzugskraft ausgeübt werden. Die Lokomotive mit einer Treibachse vermag daher auf deutschen Bahnen eine größte Anzugskraft von $\frac{14\,000}{6{,}5} = 2154$ kg zu äußern, welcher Wert bei den neuen Lokomotiven auf $\frac{16\,000}{6{,}5} = 2462$ kg anwachsen kann.

Sind die Züge kurz, so daß ihr Widerstand gegen die Bewegung kleiner ist als obiger Zahlenwert, so können sie von einer Lokomotive in Gang gebracht werden. Sind sie aber schwerer, und genügt auch die durch Besandung des Gleises hervorgerufene Adhäsion nicht, so muß man noch eine zweite Lokomotive vor den Zug spannen oder diesen durch eine solche nachschieben lassen. Dieselbe wird Vorspann- bezw. Schiebelokomotive genannt. Ein Betrieb mit 2 Lokomotiven ist aber umständlich und vor allem unwirtschaftlich.

Die heutigen Personen- und Schnellzüge sind fast immer, die Güterzüge wohl stets so schwer, daß eine Treibachse für das Anziehen nicht genügt. Darum verbindet man zwei oder mehr Radachsen durch steife Kuppelstangen mit der Treibachse, wobei selbstverständlich alle Raddurchmesser genau gleiches Maß haben müssen, überträgt also die Dampfarbeit statt auf zwei nunmehr auf vier, sechs oder noch mehr Räder. Bei entsprechenden Abmessungen kann nun die Lokomotive eine größte Anzugskraft äußern, die im Mittel dem 6,5ten Teile des Gesamtdruckes aller gekuppelten Räder entspricht. Abb. 170 zeigt die größte Güterzuglokomotive der preußischen Staatsbahnen, bestimmt für deren Gebirgsstrecken. Die 8 gekuppelten Räder pressen die Schienen mit insgesamt 55500 kg, die größte Anzugskraft beträgt sonach hier im Mittel $\frac{55\,500}{6{,}5} = 8540$ kg. Die zur Zeit schwerste und kräftigste Lokomotive der Welt ist die 16rädrige Doppellokomotive der Mexikanischen Zentralbahn. Sie wiegt dienstbereit 113500 kg, wovon 95300 kg den 12 gekuppelten Rädern zufallen. Diese Riesenlokomotive kann daher eine größte Anzugskraft von 14660 kg äußern.

Der Kessel muß so berechnet und bemessen sein, daß er während der Fahrt die nötige Dampfmenge andauernd und sicher liefert. Die zur Zeit stärksten Lokomotiven erfordern stündlich über 10000 kg Dampf, die vierachsigen Schnellzuglokomotiven der preußischen Staatsbahnen bei schnellster Fahrt (90 km in der Stunde) gegen 8500 kg und die dreiachsige Güterzuglokomotive dieser Bahnen etwa 5500 kg. Solche gewaltigen Dampfmassen lassen sich aber nur durch schnelle Verbrennung einer großen Menge guter Kohlen erzeugen, was wiederum eine große Heizfläche und künstlichen Zug zwecks lebhafter Feueranfachung bedingt.

Aus vorstehendem ersieht man, daß die Leistungsfähigkeit einer Lokomotive, das ist das Produkt aus Zugkraft (Z) und Geschwindigkeit (v), von dreierlei abhängt:

1) von der Zahl der gekuppelten Räder oder genauer von dem Adhäsionsgewicht der Lokomotive, das ist nach obigem dasjenige Gewicht, mit welchem die Treib- und Kuppelräder auf die Schienen drücken,

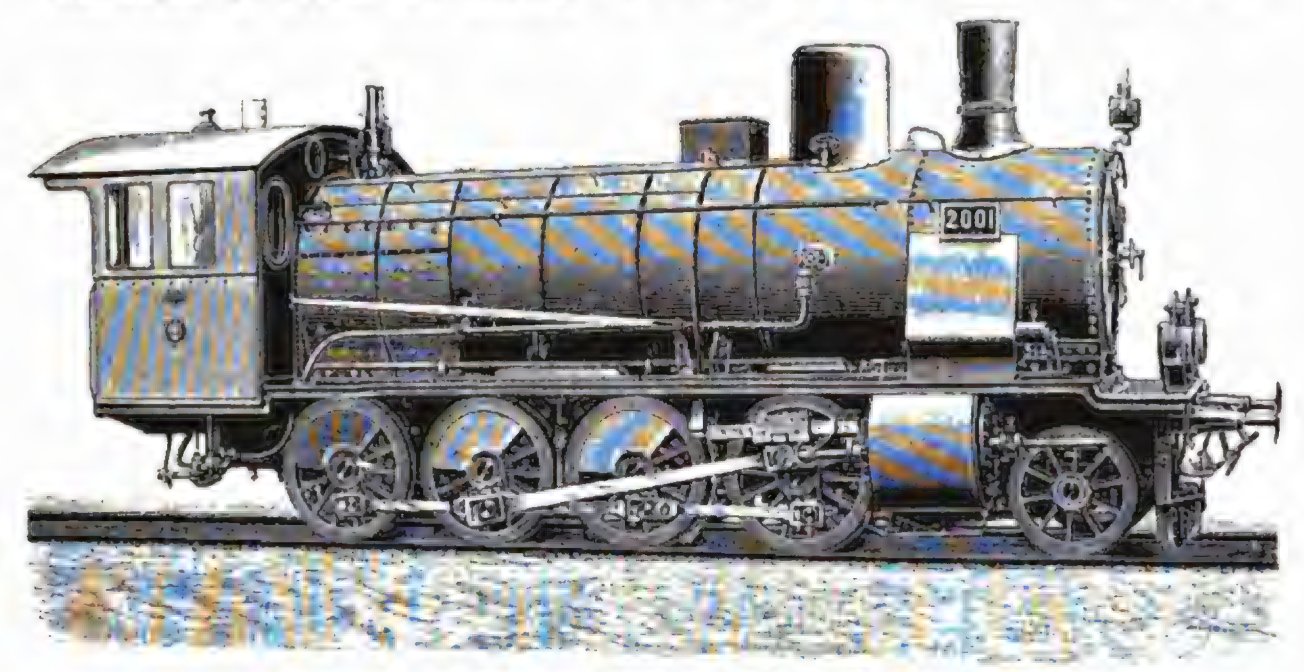
2) von der Verdampfungsfähigkeit des Kessels,

3) von den Abmessungen der Dampfmaschine (Cylinderdurchmesser, Kolbenhub, Dampfdruck) und des Treibraddurchmessers.

Alle drei Gesichtspunkte erfordern bei einer neu zu entwerfenden Lokomotive sorgfältige Berücksichtigung. Sie müssen sich in Rechnung und Entwurf wiederspiegeln.

Aus 1) bestimmt sich, wie wir sahen, die größte Zugkraft beim Anfahren, aus 2) diejenige Zugkraft, die bei andauernder Beanspruchung der Lokomotive, das ist beim Durchfahren längerer Strecken, vorhanden sein soll, während der aus 3) sich ergebende Wert den beiden vorgenannten entsprechen muß.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Verdampfungsfähigkeit des Kessels. Die Dampfentwickelung wechselt mit der Fahrgeschwindigkeit. Je schneller gefahren wird, desto lebhafter brennt das Feuer, und desto kräftiger geht die Dampfbildung vor sich, allerdings nur bis zu einer gewissen Grenze. Je schneller aber ein Zug von gegebenem Gewichte befördert wird, desto stärker hat die Lokomotive zu arbeiten, desto mehr Dampf wird also andererseits auch verbraucht. Während der Fahrt sollen Dampferzeugung und Dampfverbrauch sich das Gleichgewicht halten, der Wasserstand und Dampfdruck des Kessels auf normaler Höhe verbleiben. Ist ersteres nicht der Fall, so sinken die beiden letzteren unter das zulässige Maß und die Lokomotive ist erschöpft und nicht mehr im stande, den Zug mit der betreffenden Geschwindigkeit zu fahren. Die Leistung des Kessels und damit die der Lokomotive kann



170. Fünfachsige viergekuppelte Güterzuglokomotive der preuß. Staatsbahnen.
(Hannoversche Maschinenbau-A.-G. vorm. Georg Egestorff.)

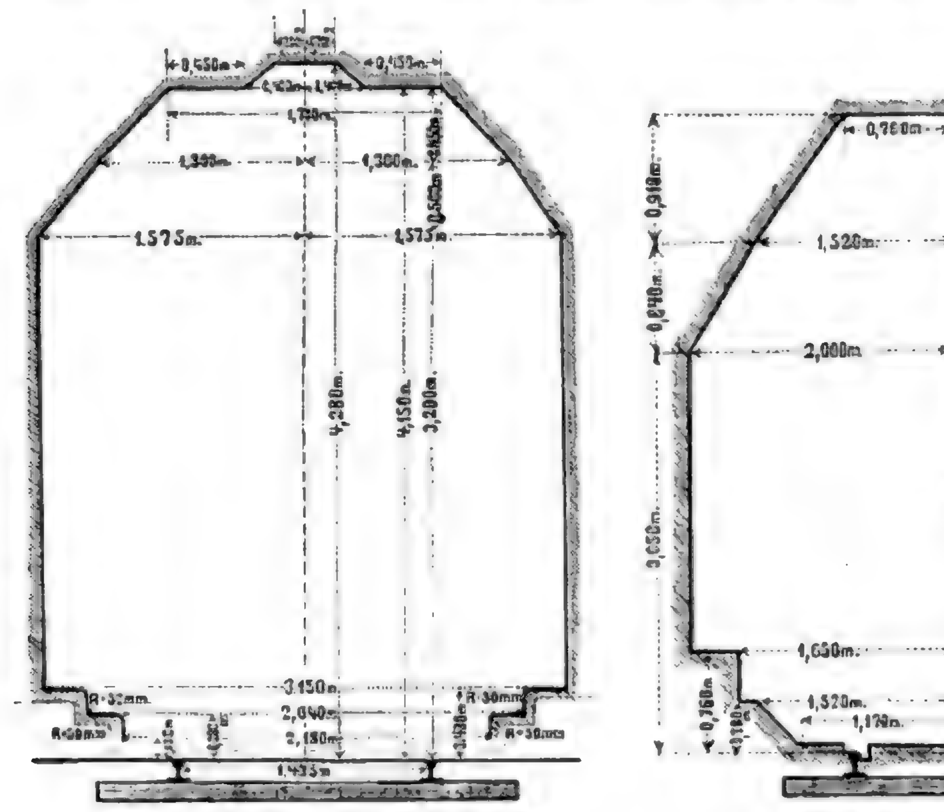
sonach einen bestimmten Wert nicht überschreiten. Drückt man die Zugkraft Z, wie üblich, in kg, die Geschwindigkeit v in Metern bezogen auf die Sekunde aus und teilt das Produkt durch 75, so erhält man die Zahl (N) der Pferdestärken, welche die Lokomotive leisten kann. Es ist $N = \frac{Z \times v}{75}$. Hieraus folgt nun ohne weiteres, daß dasselbe N geleistet werden kann: 1) mit einem kleinen Werte von Z und einem großen von v oder auch 2) mit einem großen Werte von Z und einem kleinen von v. Das Produkt Z mal v muß eben gleich bleiben (= 75 mal N).

Fall 1 trifft für Schnellzuglokomotiven, Fall 2 für Güterzuglokomotiven zu. Schnellzüge haben im allgemeinen ein wesentlich geringeres Gewicht als Güterzüge, müssen aber weit rascher gefahren werden als letztere. Bei ihnen ist also die kleine Zugkraft mit großer Geschwindigkeit gepaart, bei den Güterzügen ist es umgekehrt. Großes v bedingt aber große Treibräder, während bei mäßiger Geschwindigkeit kleine genügen; denn während der Fahrt legt die Lokomotive bezw. der Zug bei jeder Treibradumdrehung eine Wegstrecke gleich dem Radumfange zurück, also $= \frac{22}{7} \times D$, wenn D den Durchmesser des Treibrades bezeichnet. Mit größerem D nimmt folglich bei gleicher Fahrgeschwindigkeit die Zahl der in derselben Zeit erforderlichen Radumdrehungen ab und damit auch im allgemeinen die Unruhe des Ganges der Lokomotive und ferner die Abnutzung ihrer beweglichen Teile, sowie diejenige des Oberbaues. Deshalb weisen die Schnellzuglokomotiven

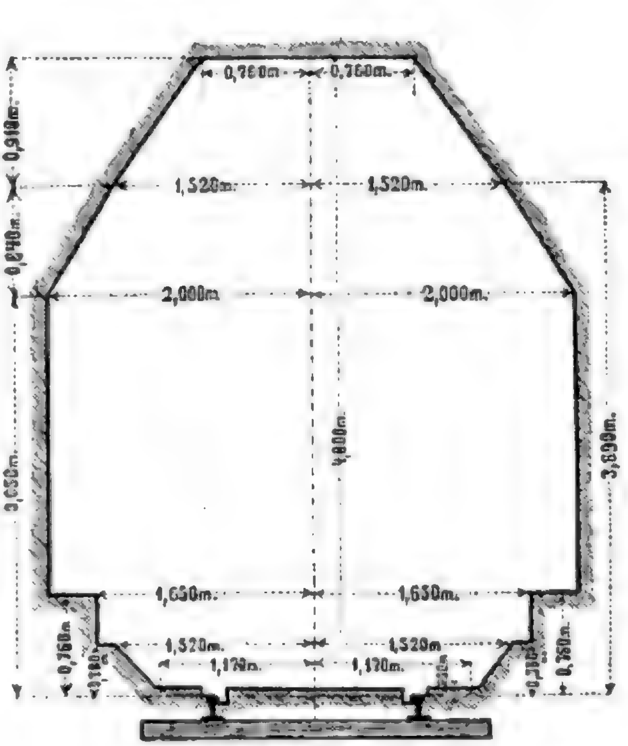
Digitized by Google

auf deutschen Bahnen Treibräder bis zu 2 m Durchmesser, in England bis zu $2^1/_2$ m auf, während Güterzuglokomotiven gewöhnlich Raddurchmesser von 1 bis $1^1/_2$m haben.

Wollte man die Räder größer als $2^1/_2$ m nehmen, so erhielte der Kessel bereits eine so hohe Lage über den Schienen, daß eine Anzahl Lokomotivteile in das wegen der Brücken, Tunnel, Bahnsteighallen u. s. w. für alle Bahnen vorgeschriebene Umgrenzungsprofil der Fahrzeuge hineinragen würde. Dieses Profil, das in Abb. 171 dargestellt und in Abb. 168 bis 169 ringsum eingezeichnet ist, schreibt die Umgrenzung vor, bis zu der sich die festen Teile der Eisenbahnfahrzeuge höchstens erstrecken dürfen. Es weicht in den einzelnen Ländern etwas voneinander ab. So ist z. B. das französische Höhenmaß geringer als das deutsche, was im Deutsch-französischen Kriege 1870/71 zu manchen Unzuträglichkeiten bei der Beförderung der Militärzüge durch deutsche Lokomotiven geführt hat.



171. Umgrenzung der größten zulässigen Breiten- und Höhenmaße der Eisenbahnfahrzeuge.



172. Umgrenzung des lichten Raumes für die Haupteisenbahnen Deutschlands.

Auf den deutschen Bahnen müssen ferner sämtliche Gleise der freien Bahn, sowie innerhalb der Stationen alle Personenzuggleise von baulichen Anlagen mindestens bis zu der in Abb. 168 rechts, sowie in Abb. 172 wiedergegebenen „Umgrenzung des lichten Raumes“ freigehalten werden, wobei auf die Krümmungen, auf die Spurerweiterung und die Überhöhung der äußeren Schiene Rücksicht zu nehmen ist. Für die übrigen Stationsgleise ist das untere Höhenmaß von 0,76 m der Abb. 172 auf 1,120 m vergrößert, damit bequeme Laderampen für die Güterwagen, deren Fußboden etwa 1,2 m über den Schienen liegt, angelegt werden können; vergl. hierüber auch Abb. 168 u. 169.

Man hat im Jahre 1855 in Frankreich versuchsweise die Radachsen über den Kessel gelegt bezw. in eine Einsattelung desselben, wie dies schon 1847 Trevithik, der Sohn des in der „Geschichte der Lokomotive“ rühmlichst genannten Erfinders, bei einer englischen Lokomotive (mit 2,6 m großen Treibrädern) gethan hatte und so zwar die Verwendung ungewöhnlich großer Räder (bis 2,85 m!) ohne erhebliches Hinaufrücken des Gesamtschwerpunktes der Lokomotive ermöglicht, allein der Kessel bekam hierbei eine so unzweckmäßige Form, daß seine Nachteile den Nutzen der großen Räder reichlich überwogen.

Ungünstig auf die Ausgestaltung der Lokomotive ist übrigens auch die enge Spurweite von 1435 mm gewesen. Sie legt den lichten Abstand der beiden Räder einer Achse

(1360 mm) fest. Zwischen den Rädern liegt aber der Kessel. Je größer nun jene sind, desto mehr umschließen sie diesen, wie Abb. 167 (links) erkennen läßt, und hindern seine Breitenausdehnung. Wäre seiner Zeit die Brunelsche Breitspur (2135 mm) durchgedrungen, so könnten die Lokomotivkessel geräumiger und somit leistungsfähiger gebaut werden und wären dem Ingenieur in dieser Sache die Hände nicht so gebunden. Denn auch die Kessellänge kann nicht mehr wesentlich gesteigert werden, da, abgesehen von der Vermehrung des Gewichtes und der dadurch bedingten größeren Zahl von Radachsen, der über 5 m reichende vordere Teil des Kessels erfahrungsgemäß nur wenig zur Dampferzeugung beitragen würde, somit von sehr geringem Nutzen wäre. Muß man große wirksame Heizflächen einbauen, so bleibt nichts anderes übrig, als Doppellokomotiven (Zwillings- und Fairlielokomotiven) zu verwenden, oder nach amerikanischem Vorbilde den Kessel recht hoch zu legen und erforderlichenfalls auch noch die Feuerbüchse über dem Radgestell zu verbreitern (Woottenkessel); beides hat aber wieder mancherlei Übelstände im Gefolge. Lange Zeit galt eine tiefe Schwerpunktlage der Lokomotive für höchst vorteilhaft. Die Kesselmitte wurde möglichst niedrig gelegt und hatte bei der Crampton-Lokomotive der Abb. 215 z. B. einen Abstand von 1,6 m von der Schienenoberkante. Über $2^1/_4$ m ging man ungern, bis zu Anfang der 90er Jahre die Nordamerikaner sie zwecks Unterbringung größerer Kessel wesentlich höher legten und zwar bis 2,8, selbst 2,9 m über SO. Man vergleiche daraufhin die Abb. 174 u. 215 mit 224 u. 228. Damit wurde auch die alte Anschauung von der Notwendigkeit einer tiefen Schwerpunktlage über Bord geworfen, denn diese neuen amerikanischen Lokomotiven zeigten eine durchaus befriedigende, ruhige Gangart. Bei der im Jahre 1899 erbauten schweren Schnellzuglokomotive der Arlbergbahn liegt die Kesselmitte auch bereits 2,6 m über SO.

Die vorhin erwähnte andauernde größte Leistung einer Lokomotive ermittelt man im Betriebe mittels des Indikators und aus der geförderten Zuglast oder auch mittels des Zugdynamometers. Die so für die einzelnen Lokomotivgattungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten ermittelte Zahl der Pferdestärken bezieht man zweckmäßig auf die Heizfläche und erhält so eine Anzahl Werte, die ergeben, wie viele Pferdestärken durch 1 qm Heizfläche im Mittel entwickelt werden. Einfluß auf die Höhe dieser Werte haben außer der Fahrgeschwindigkeit bezw. Zahl der sekundlichen Treibradumdrehungen die Größe der Rostfläche, die Art der Dampfausnutzung (ob Zwilling- oder Verbundwirkung), die Blasrohr- und Schornsteinverhältnisse, sowie die Beschaffenheit des Brennstoffes.

Nach neueren Erfahrungen kann man als Zahl der Pferdestärken, die durch 1 qm Heizfläche erzeugt werden, folgendes annehmen:

Umdrehungszahl der Treibachse in 1 Sekunde		1	2	3	4
Personen- und Schnellzuglokomotive	Zwilling	3,5	4,7	5,5	6
	Verbund	3,5	5,2	6,3	7
Güterzuglokomotive	Zwilling	2,6	3,6	4,2	—
	Verbund	3,0	4,1	4,8	—
Tenderlokomotive		3,4	4,1	4,5	—

Hierbei ist vorausgesetzt, daß die Rostfläche in angemessenem Verhältnis zur Heizfläche steht, also bei Personen- und Schnellzuglokomotiven etwa $^1/_{60}$, bei Güterzuglokomotiven ungefähr $^1/_{80}$ und bei Tenderlokomotiven etwa $^1/_{60}$ derselben ausmacht. Ist die Rostfläche zu klein im Verhältnis zur Heizfläche, so wird die Leistung der Lokomotive kleiner, als in der Tabelle angegeben, während sie bei besonders guter Kohle größer ausfallen kann, wie B 3 zeigt.

Beispiel. Eine $^2/_4$-Verbund-Schnellzuglokomotive mit 120 qm Heizfläche, deren 2 m große Treibräder in der Sekunde sich viermal umdrehen, entsprechend einer Fahrgeschwindigkeit v = 90 km in der Stunde = 25 m in der Sekunde, entwickelt auf 1 qm Heizfläche nach obiger Tabelle 7 Pferde, mithin insgesamt N = 120 × 7 = 840 Pferdestärken. Ihre Zugkraft Z bei 90 km Fahrt beträgt, da $N = \frac{Z \cdot v}{75}$, also $840 = \frac{Z \cdot 25}{75}$ ist, Z = 2520 kg.

Soll dieselbe Lokomotive einen Zug mit 45 km in der Stunde (= 2 Treibachsumdrehungen in 1 Sekunde) befördern, so kann sie jetzt nach der Tabelle 120 × 5,2 = 624 Pferdestärken leisten und ihre Zugkraft beträgt $Z = \frac{75 \cdot 624}{12{,}5} = 3744$ kg.

Die Lokomotive vermag also jetzt bei der geringeren Fahrgeschwindigkeit einen schwereren Zug zu befördern, was sich oben aus der allgemeinen Formel bereits ergab. Neuere Lokomotiven*) leisten bei voller Beanspruchung:

A. Lokomotiven der preußischen Staatsbahnen: 1. $^{2}/_{4}$-Schnellzuglokomotive (90 km/St. Abb. 164 bis 169) a) Zwilling (Heizfläche 118 qm) 700 Pferdestärken; b) Verbund (Heizfläche 118 qm) 820 Pferdestärken. 2. $^{3}/_{3}$-Güterzuglokomotive (40 km/St.) a) Zwilling (Heizfläche 124 qm) 500 Pferdestärken; b) Verbund (Heizfläche 116 qm) 560 Pferdestärken. 3. $^{4}/_{5}$-Verbund-Güterzuglokomotive (40 km/St., Heizfläche 144 qm, Abb. 170) 700 Pferdestärken. 4. $^{3}/_{3}$-Nebenbahn-Tenderlokomotive (Heizfläche 60 qm) bei 40 km/St. 250 Pferdestärken. — B. Ausländische Lokomotiven: 1. $^{2}/_{4}$-Verbund-Schnellzuglokomotive der französischen Nordbahn (4 Dampfcylinder, Heizfläche 175½ qm) bei 90 km/St. 1200 Pferdestärken. 2. $^{3}/_{4}$-Verbund-Schnellzuglokomotive der Jura-Simplonbahn (Schweiz) (3 Cylinder, Heizfläche 140,3 qm) bei 50 km/St. 1000 Pferdestärken. 3. $^{3}/_{5}$-Verbund-Schnellzuglokomotive der Gotthardbahn (Abb. 223, 4 Cylinder, Heizfläche 165 qm) bei 90 km/St. 1200 Pferdestärken. 4. $^{3}/_{5}$-Verbund-Schnellzuglokomotive der österreichischen Staatsbahn (Abb. 225, 2 Cylinder, Heizfläche 207,9 qm) bei 65 km/St. 1300 Pferdestärken. 5. $^{2}/_{5}$-Verbund-Schnellzuglokomotive der Philadelphia und Readingbahn (Abb. 224, 4 Cylinder, Heizfläche 171 qm) bei 100 km/St. 1300 Pferdestärken. 6. $^{4}/_{6}$-Verbund-Güterzuglokomotive der Northern-Pacificbahn (Amerika) (2cylindrig, Heizfläche 274 qm) bei 26 km/St. 1200 Pferdestärken.

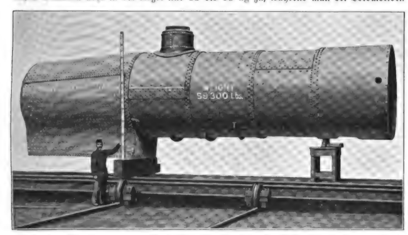
Aus vorstehender Zusammenstellung erkennt man, wie leistungsfähig, namentlich im Auslande, die heutigen Lokomotiven sind.

Der Lokomotivkessel. Der Kessel, von dem Abb. 165 einen Längsschnitt durch die Mitte gibt, besteht in der Hauptsache aus einem cylindrischen, von einem Bündel enger Röhren — Heiz-, Feuer- oder Sieveröhren genannt — durchzogenen Vorderteil, dem **Langkessel**, und einem kistenartigen hinteren Teile, der **Feuerkiste**. Diese enthält im Inneren eine ähnlich gestaltete, unten offene **Feuerbüchse** mit dem Rost, unter den der Aschenkasten gehängt ist. Liegen alle Räder vor der Feuerkiste, wie in der Regel bei den Güterzuglokomotiven, so liegt auch der Rost gewöhnlich wagerecht. Ist ein Räderpaar unterhalb der Feuerbüchse angeordnet, was der Lastverteilung und des ruhigen Ganges wegen bei den Schnellzuglokomotiven (Abb. 165) und manchen anderen üblich ist, so muß der Rost geneigt liegend eingebaut werden, falls man nicht dem Kessel eine besonders hohe Lage giebt, wie dies bei neueren amerikanischen Lokomotiven der Fall ist (Abb. 224 u. 228), deren Kessel dann nach Abb. 173 auch eine wagerecht begrenzte Feuerkiste erhalten kann. An das vordere Ende des Langkessels ist die durch eine Thür verschließbare **Rauchkammer** mit dem Schornstein angeschlossen. In sie münden die Heizröhren sowie die Ausströmungsrohre des in den Cylindern verbrauchten Dampfes. Unten ist sie gewöhnlich mit einem besonderen Aschenfallrohr (mit Deckelverschluß) versehen (vergl. Abb. 165). Oberhalb der Heizrohrmündungen ist ein Drahtsieb oder eine durchlöcherte Blechtafel (Funkenfänger) gelegt, um das Aussprühen von Funken durch den Schornstein zu mildern. Gar oftmals sind durch den Funkenauswurf Brandschäden, namentlich in Wald- und Heidegegenden entstanden, für die dann die betreffende Bahnverwaltung Entschädigung zu zahlen hat. Je schwerer eine Lokomotive arbeitet, desto mehr unverbrannte Kohlenteilchen (Flugasche) werden durch die Heizröhren hindurchgerissen. Sie sammeln sich unten in der Rauchkammer an und können beim Stillstand der Lokomotive leicht durch das Aschenfallrohr entfernt werden. Seit einigen Jahren wird nach amerikanischem Vorbilde die Rauchkammer wesentlich länger als sonst üblich war, gemacht, namentlich bei denjenigen Lokomotiven, die lange Strecken zu durchfahren haben (vergl. Abb. 225). Dadurch wird der Funkenauswurf und das Verstopfen der unteren Sieveröhren gemildert.

Die Ausströmungsrohre der Dampfcylinder tragen oben in der Rauchkammer ein gemeinsames, nach oben hin trichterförmig verengtes Mundstück, das **Blasrohr**. Dieser an sich so einfache Rohrstutzen ist für den Lokomotivbetrieb von besonderer Wichtigkeit, er ist die Lunge der Lokomotive. Infolge der Verengung der Ausströmung erhält der in den Schornstein entweichende Auspuffdampf eine größere Spannung, so daß er mit

*) 1) Man pflegt die Gesamtzahl der Radachsen als Nenner, die der gekuppelten Achsen als Zähler eines echten Bruches auszudrücken. $^{2}/_{4}$-Lokomotive bedeutet also, daß von den vorhandenen 4 Radachsen 2 gekuppelt sind. 2) Über Verbundlokomotiven vergl. näheres auf S. 219.

großer Geschwindigkeit aus der Blasrohrmündung entweicht und dabei die ihn umgebenden Feuergase mit sich fortreißt. Hierdurch tritt eine Luftverdünnung in der Rauchkammer und damit in den Heizröhren und im Feuerraum ein. Die atmosphärische Luft ihrerseits dringt nun infolge ihrer größeren Pressung kräftig durch die Rostspalten in das Brennmaterial, gibt ihren Sauerstoff an die Kohlenteilchen ab, erzeugt dadurch eine lebhafte Verbrennung mit hoher Temperatur und strömt, in Feuergase umgewandelt, durch die Sideröhren nach der Rauchkammer hin ab, um von hier mit dem Dampfstrahl durch den Kamin hindurch ins Freie befördert zu werden. Man nennt diesen Verbrennungsvorgang eine Verbrennung mit künstlichem Zuge, im Gegensatz zu einer solchen mit natürlichem Zuge, den man durch hohe Schornsteine bei feststehenden Dampfkesseln und sonstigen Feuerungsanlagen erzeugt. Beim natürlichen Zuge kann man auf 1 qm Heizfläche höchstens 20—30 kg verdampftes Wasser in der Stunde rechnen, läßt aus wirtschaftlichen Gründen aber in der Regel nur 12 bis 15 kg zu, während man bei Lokomotiven



173. Kessel einer neueren amerikanischen Riesenlokomotive.

Abb. 173 u. 178 gehören nach „The Engineer" einer 1894 erbauten zehnrädrigen Lokomotive von 104400 kg Gewicht an. Der Kessel ist einschließlich Rauchkammer 10 m lang und an der Feuerbüchse 2,5 m hoch. Der Langkessel hat 2,1 m Durchmesser, enthält 355 Heizröhren und ist für einen Dampfdruck von 14 Atmosphären bestimmt. Die Rostfläche ist 3 m lang und 1 m breit. Die gesamte Heizfläche ist 309 qm. Das Gewicht des Kessels beträgt 26920 kg.

40—60 kg, ja bei den stärksten neueren Schnellzuglokomotiven selbst bis zu 65 kg Dampf stündlich auf 1 qm Heizfläche entwickeln muß. Eine derartige starke Verdampfung kann nur durch künstlichen Zug erreicht werden.

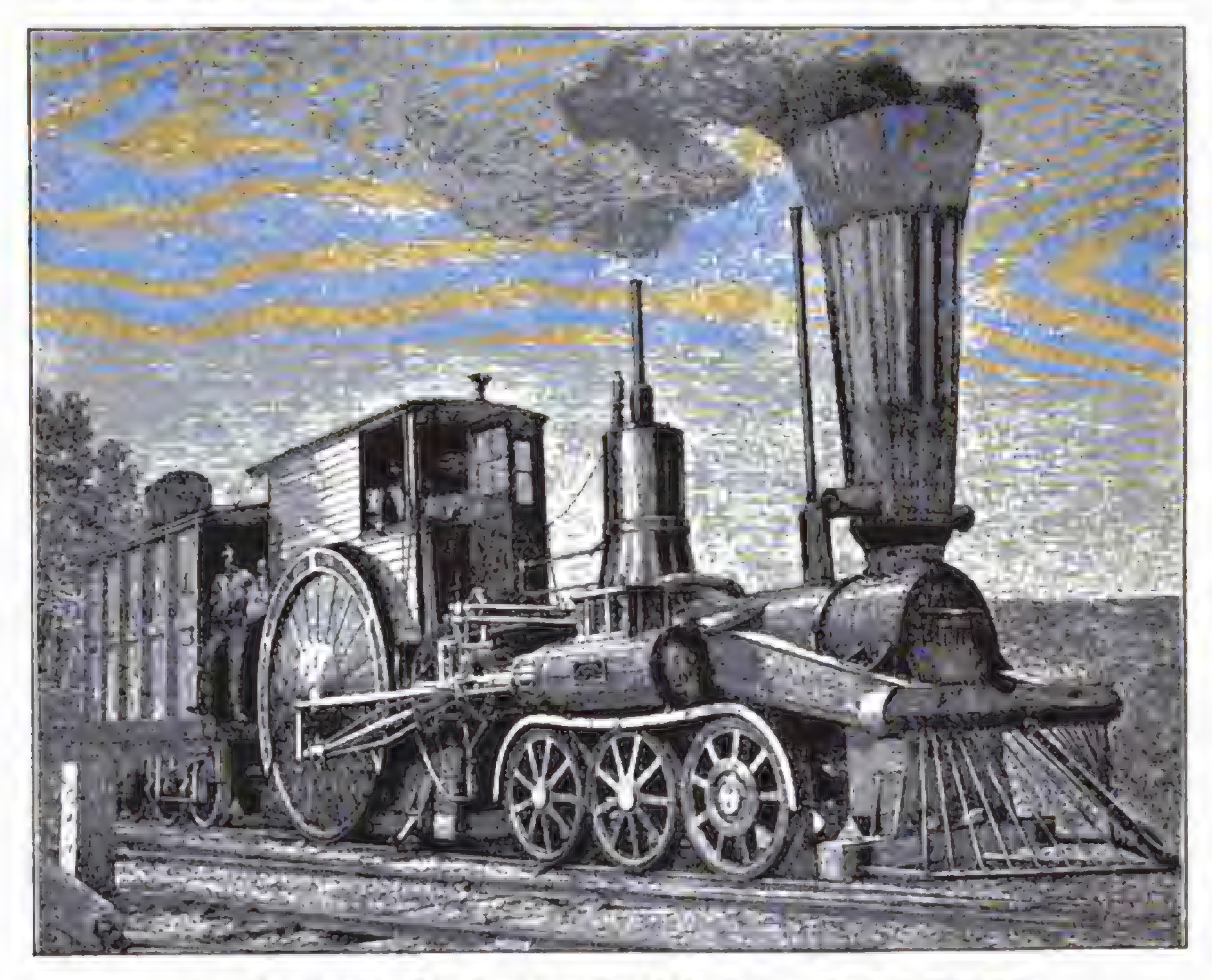
Auch der Schornstein ist von erheblichem Einfluß auf die Feueranfachung. Diese kann durch Verengern oder Erweitern desselben verstärkt oder verringert werden, desgleichen durch Verlängern oder Verkürzen des Schornsteines, endlich auch durch Tiefer- oder Höhersetzen des Blasrohres. Grundregel bleibt aber in jedem Falle die genaue zentrale Lage der Blasrohrmündung zum Schornsteinquerschnitt, sonst sinkt die Blasrohrwirkung erheblich herab, und die Dampfentwickelung der Lokomotive ist wesentlich verschlechtert. Man sieht, die gute Feueranfachung hängt von einer ganzen Reihe sorgfältig zu bemessender Größen ab, und die Aufgabe, hier das Richtige zu treffen und Klarheit in den Zusammenhang zwischen Blasrohr- und Schornsteinwirkung zu bringen, ist schwierig. An der Lösung derselben haben sich zahlreiche Ingenieure schon in der ersten Zeit nach Einführung der Eisenbahnen versucht.

Deutsche Gelehrte haben auch theoretisch die Sache behandelt, gestützt auf die Resultate, die der Obermaschinenmeister Prüsmann 1861 in Lingen bei seinen Versuchen erzielte, wonach ein konischer Schornstein besser wirken sollte als ein cylindrischer. Dieses Ergebnis und damit auch die Theorie über die bessere Wirkung des konischen Schornsteins ist aber nicht stichhaltig,

Digitized by Google

da die grundlegenden Versuche des Jahres 1861 leider fehlerhaft sind. Verfasser dieses hat in den Jahren 1892—1896 umfassende Versuche über die Blasrohrwirkungen angestellt und dabei gefunden, daß die Form der Esse gleichgültig ist, wenn diese nur die richtige Weite zur Höhe hat, und das Blasrohr zu ihr richtig sitzt — ein Ergebnis, das durch Lokomotiven der verschiedensten Länder bestätigt wird. Zu welch absonderlichen Blüten eine irrige Auffassung der Schornsteinfrage geführt hat, möge Abb. 174 zeigen. Man vergleiche den Riesenkamin derselben mit den äußerst kurzen neuerer Lokomotiven in Abb. 224 u. 227.

Eine der wertvollsten Eigenschaften des Blasrohres ist die, daß es die Feueranfachung und dadurch die Dampfentwickelung je nach dem Grade der Beanspruchung der Lokomotive von selbst regelt. Gebraucht die letztere mehr Dampf, z. B. auf Steigungen, so strömt auch mehr Dampf durch das Blasrohr aus. Die Feuergase werden infolge der größeren



174. Amerikanische Schnellzuglokomotive 1848, gebaut von Norris in Philadelphia.

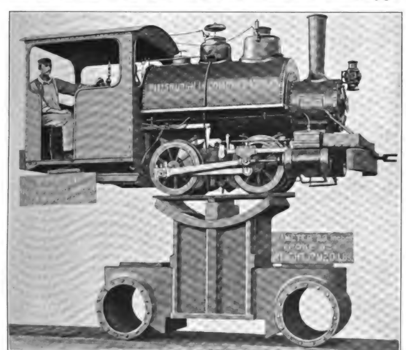
Ausflußgeschwindigkeit des Abdampfes schneller aus der Rauchkammer abgesaugt, und die Außenluft dringt um so kräftiger in das Feuer ein. Es verbrennt infolgedessen mehr Kohle, und eine stärkere Dampfbildung geht vor sich.

Je größer nun die Rostfläche ist, desto mehr Brennstoff kann auf ihr in der Zeiteinheit verbrannt werden. Der menschliche Arm vermag jedoch eine Rostlänge von höchstens 3 m zu beherrschen, darüber hinaus wird der Kohleneinwurf zu schwierig und ungleich. Rostlängen von 3 m hat man auf belgischen und amerikanischen Bahnen vor einigen Jahren eingeführt, namentlich zwecks Verfeuerung von feiner Kohle. Auf anderen Bahnen geht man nicht gern über $2\frac{1}{2}$ m Länge. Die Rostbreite ist durch die Spurweite der Gleise begrenzt, man kann sie also bei der Normalspur (1435 mm) in der Regel höchstens etwa 1 m wählen, falls man nicht, wie beim Wootten-Kessel, die Rostfläche über das Radgestell legt. In Europa ist diese Bauart jedoch nur bei einer beschränkten Anzahl belgischer Lokomotiven gewählt worden. Die deutschen und englischen Personen- und Güterzuglokomotiven zeigen Rostflächen von etwa $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{4}$ qm.

Digitized by Google

Amerikanische Lokomotiven sind vereinzelt sogar mit 7 qm und selbst 8 qm großen Rostflächen ausgeführt worden. Neuerdings hat man nach englischem Vorbilde ziemlich allgemein die Feuerbüchse unterhalb der Heizröhren mit einem kurzen Gewölbe aus feuerfesten Steinen ausgestattet, wodurch eine bessere Verbrennung, Schutz der Siederohrenden und geringerer Funkenauswurf erzielt wird.

Die Verbrennungstemperaturen in der Feuerbüchse sind sehr hohe, man kann bei Koksfeuerung 1300° C, bei Steinkohlenfeuerung 1150° C annehmen. In die Rauchkammer treten die Heizgase je nach Bauart des Kessels und der Fahrgeschwindigkeit mit etwa 250° bis 500° C. ein. Es werden ihnen also im Mittel 800° Wärme entzogen.



175. Schmalspur-Tenderlokomotive von 5675 kg Gewicht auf dem 8135 kg schweren Gußstück der Dampfcylinder einer neueren amerikanischen Riesenlokomotive.

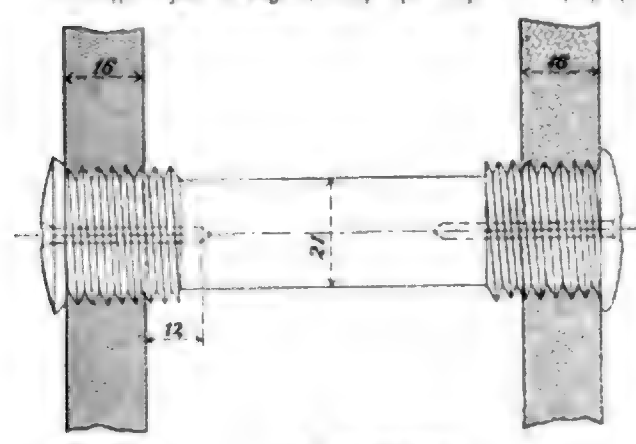
Wo bleiben diese? Feuerbüchse und Heizröhren sind ringsum von Wasser umgeben, und Wasser verdampft bei 100° C. Um das Erglühen der Bleche und die Gefahr einer Kesselexplosion zu verhüten, muß das Wasser mindestens 10 cm über dem höchsten Punkte der Feuerbüchsdecke stehen. Da heutigestags in den Lokomotivkesseln ein Dampfdruck von 10 bis 12 Atmosphären Überdruck (= 10 bis 12 kg auf 1 qcm), auf manchen Bahnen sogar von 15 kg auf 1 qcm erzeugt wird, so herrscht im Kesselinneren — je nach dem Drucke — eine Temperatur von 180 bis 200° C. Mithin gehen die großen Wärmemengen, die die Heizgase abgeben, in das Kesselwasser über und verwandeln es rasch in Dampf von verlangter Spannung (vergl. hierüber auch S. 220).

Als Baustoff für die Feuerbüchse nimmt man der guten Wärmeleitung wegen in Europa Kupfer; in Amerika wird meistens Flußeisen (in geringer Wandstärke) verwendet. Für die Heizröhren wird dünnes Messing (England) oder besser Eisenblech von 2 bis

Digitized by Google

3 mm Dicke genommen. Eine so geringe Wandstärke ist zulässig, weil man den Durchmesser der Röhren klein (40 bis 55 mm) wählt. Aus diesem Grunde können auch recht viele der engen Röhren in einem Kessel untergebracht werden, wodurch die wasserbespülte Heizrohrfläche größer ausfällt, als wenn wenige Röhren von größerer Weite eingebaut würden. Unsere heutigen Lokomotiven enthalten 180 bis 250 Heizröhren von $3^1/_2$ bis $4^1/_2$, zuweilen auch 5 m Länge. In besonders starken Lokomotiven steigt ihre Zahl sogar auf 400 und mehr. Die durch die Heizröhren gegebene Heizfläche nennt man die indirekte, diejenige der Feuerbüchse die direkte und die Summe beider die Gesamtheizfläche. Diese betrug bei dem im Jahre 1829 siegreichen „Rocket" (25 Heizröhren!) nur 12,8 qm, bei unseren heutigen großen Lokomotiven schwankt sie zwischen 100 und 175 qm und beträgt bei den neuen $^4/_5$-Lokomotiven der Arlbergbahn 250 qm, bei einer Anzahl amerikanischer Lokomotiven 300 qm und mehr. Man sieht, die Lokomotive ist in 70 Jahren gewaltig gewachsen. Dieses veranschaulicht auch so recht Abb. 175, auf der eine Fabrik-Tenderlokomotive von 5675 kg Gewicht dargestellt ist, wie sie bequem Platz findet auf dem 8135 kg schweren Gußstücke der beiden Dampfcylinder einer neueren amerikanischen Riesenlokomptive. „Rocket" wog nur 4572 kg.

Wegen des hohen Dampfdruckes muß der Kessel sehr kräftig gebaut werden. Der Langkessel hat Walzenform, ist daher in sich steif, wenn nur die Blechstärke genügend groß ist. Der Hinterkessel dagegen zeigt, abgesehen von seiner äußeren Decke, ebene Wände. Diese würden aber unter der Wirkung des Dampfdruckes ihre Form verlieren, sich ausbauchen und aufreißen, zumal in der kupfernen Feuerbüchse. Man muß sie deshalb aussteifen und schraubt zu dem Zwecke nach Abb. 176 in etwa je 10 cm Abstand kupferne „Stehbolzen" in die Kupfer- und Eisenwände, so daß nur noch kleine freie Flächen von ungefähr 10 qcm Größe dem Dampfdrucke ausgesetzt sind. Der Hinterkessel enthält einige Hundert dieser Stehbolzen, der Riesenkessel der Abb. 173 sogar gegen 1100. Ebenso wird die flache Decke der inneren Feuerbüchse entweder durch sogenannte Deckenbarren oder häufiger durch eiserne Schraubenbolzen — hier Deckenanker genannt — gegen die äußere gewölbte Eisendecke wirksam versteift, was auch mit allen sonstigen schwachen Stellen, sei es durch Anker, sei es durch besondere Blechkonstruktionen, geschieht (Abb. 165 bis 167).



176. Stehbolzen.

Da infolge der Wärmewirkung beim Anheizen bezw. Erkalten der Lokomotive die kupferne Feuerbüchse sich etwas gegen die Eisenhülle verschiebt, so erleiden die Stehbolzen starke Biegungsspannungen, infolge deren sie an einzelnen Stellen im Laufe der Zeit brechen und zwar nahe der Blechwand. Da dieses aber für die Sicherheit des Kessels höchst nachteilig ist, so gibt man durch Anbohren der beiden Bolzenenden (Abb. 176) dem Führer ein Mittel an die Hand, solche Brüche sofort erkennen zu können. Es wird nämlich das Kesselwasser im Falle eines Bruches durch den inneren Druck als kleiner, aber kräftiger Strahl durch die Bohrung nach außen oder in das Feuerbüchsinnere getrieben. Derartige Bohrungen werden baldigst verkeilt und die schadhaften Bolzen in der Werkstatt ausgewechselt.

Die vorgenannte Wärmewirkung beeinflußt auch in sehr kräftiger Weise die Kessellänge, die sie um 10 mm und mehr vergrößert (Anheizen) und wieder verkleinert (Abkühlen). Der Kessel darf deshalb nur an dem einen Ende und zwar an dem kühlsten (Rauchkammer) fest mit dem Rahmengestell verbunden werden und muß im übrigen frei in der Längsrichtung verschiebbar auf diesem aufruhen, anderenfalls würde der Zusammenhang der Lokomotive bald gelockert und der Kessel in den Nietnähten überhaupt nicht dampf- und wasserdicht zu halten sein.

Bei der starken Dampfentwickelung innerhalb der ganzen Wasserschicht im Kessel wallt das kochende Wasser an seiner Oberfläche, wodurch dem Dampfe viel Wasser beigemengt wird. Dieses darf aber nicht in die Arbeitscylinder gelangen. Es ist nicht zusammendrückbar, würde also, wenn zwischen Dampfkolben und Cylinderdeckel in größerer Menge eingeschlossen, letzteren oder gar den Cylinder leicht zertrümmern können, wie wiederholt schon vorgekommen ist. Man versieht deshalb den Langkessel nach dem Vorgange von Hackworth (1830) mit einem hohen Aufsatz, Dom genannt, und entnimmt aus diesem den Dampf für den Cylinder, da er hier am trockensten ist. Häufig scheidet man

das Dominnere von dem Kessel noch durch durchlöcherte Blechplatten oder dergl. (vergl. Abb. 165) ab, damit das Kesselwasser noch mehr von der Dampfentnahmestelle zurückgehalten wird. An den Dampfcylindern sitzen zudem Hähne oder Ventile, um etwa in ihnen vorhandenes Wasser schleunigst ins Freie ablassen zu können.

Kesselausrüstung. Jeder Lokomotivkessel muß nach gesetzlicher Vorschrift mit besonderen Teilen ausgerüstet sein, die stets die Höhe des Dampfdruckes, die Wasserfüllung, namentlich den zulässig tiefsten Stand des Wasserspiegels anzeigen, die ferner das verbrauchte Kesselwasser ersetzen und ein zu starkes Anwachsen des Dampfdruckes thunlichst verhindern. Hierzu dienen die Dampfdruckmesser (Manometer), die Wasserstandszeiger, die Speisevorrichtungen (Pumpen) und die Sicherheitsventile. Letztere öffnen sich selbstthätig und lassen den überschüssigen Dampf ins Freie entweichen, sobald der Dampfdruck die für jeden Kessel vorgeschriebene Grenze überschreitet. Außerdem muß jede Lokomotive eine Dampfpfeife für die Signalgebung besitzen, sowie eine Bremsvorrichtung zum Anhalten.

Durch den Verbrauch des Dampfes in der Maschine sinkt der Wasserspiegel im Kessel. Führer und Heizer erkennen dieses mit Hilfe der Wasserstandszeiger, die in der Regel

177. Explodierte Lokomotive bei Duingen nahe Hildesheim, 29. Juni 1894.

aus einem Wasserstandsglase (Glasröhre) und 2 bis 3 Probierhähnen bestehen (vergl. W u. P in Abb. 169). Zerspringt das Glas, so treten die in verschiedener Höhenlage angebrachten Probierhähne in Benutzung. Der obere Hahn soll, geöffnet, bei richtigem Wasserstande stets Dampf geben, der untere dagegen, der in der Linie des zulässig niedrigsten Wasserstandes sitzt, stets Wasser. Gibt auch er Dampf, so liegt Wassermangel im Kessel vor. War kurz zuvor das Wasser im Glase noch sichtbar oder durch den Hahn nachgewiesen, so kann die Gefahr durch Speisen des Kessels abgewendet werden. In zweifelhaften Fällen muß aber das Feuer sofort vom Roste entfernt werden, denn es können möglicherweise die vom Wasser entblößten Wandungen bereits erglüht sein. Füllt in solchem Falle der Maschinist Wasser auf, so erfolgt plötzlich eine starke Dampfentwickelung. Können dann die Sicherheitsventile den überschüssigen Dampf nicht entweichen lassen, so steigert sich der Dampfdruck über den normalen oft erheblich. Falls nun die schwächste Stelle des Kessels dem Drucke nicht mehr gewachsen ist, gibt sie nach, und die Explosion mit ihren oft gräßlichen Folgen tritt ein. Die Zertrümmerung eines so zerstörten Kessels ist meistens recht gründlich. Die einzelnen Kesselteile werden weit weggeschleudert und richten oftmals auf ihrer Flugbahn noch viel Unheil an. Abb. 177 zeigt das Bild einer im Jahre 1894 explodierten Güterzuglokomotive. Der Mantel des Langkessels, der Schornstein und Dom waren hier in mehrere Stücke gerissen und lagen über 60 m weit zerstreut umher. Die Heizröhren waren infolge des plötzlich ringsum fehlenden Druckes durch das aus dem Inneren des Kessels hervorschießende Kesselwasser ausgebaucht, während

Digitized by Google

sie an ihren Enden in den beiden Rohrwänden festgehalten wurden. — Infolge sehr gründlicher Kesselbeaufsichtigung von Amts wegen kommen in Deutschland weniger Explosionen vor als im Auslande. Die amerikanischen Bahnen können sich rühmen, bislang die zahlreichsten Explosionen verzeichnet zu haben.

Zum Kesselspeisen, d. i. Auffüllen des Kessels mit Wasser, besaßen die älteren Lokomotiven je zwei mit Kolben und Ventilen versehene Speisepumpen unter oder neben dem Kessel, die von der Treibachse oder dem Kreuzkopfe der Kolbenstange angetrieben wurden. Sie saugten das Wasser aus dem Tender an und drückten es in den Kessel. Während der Fahrt konnten sie durch einfache Handgriffe leicht in und außer Thätigkeit gesetzt werden. Beim Stillstand der Lokomotive hörte aber das Pumpen auf. Der Führer mußte im Bedarfsfalle eigens eine Zeitlang auf dem Bahnhofe spazieren fahren. Um die hiermit — namentlich auf größeren Stationen — verbundenen Unbequemlichkeiten und Störungen zu beschränken, trafen einzelne Verwaltungen die Einrichtung, daß die Lokomotiven zwecks Kesselspeisung mit ihren Treibrädern auf ein in das Gleise einer Feuergrube eingebautes Rollenpaar fahren konnten. Die Treibachse und damit die Pumpen ließen sich nun bewegen, ohne daß die Lokomotive ihren Platz verließ. Anderswo wieder rüstete man die Lokomotive mit einer Handpumpe aus, die vom Personale während des Stillstandes in Thätigkeit gesetzt werden konnte. Ein wesentlicher Fortschritt schon war es, als Anfang der 50er Jahre kleine Dampfpumpen (von Borsig-Berlin u. a.) zur Einführung gelangten, die durch den Kesseldampf betrieben wurden. Die Pumpen versagten aber oft und waren nicht selten reparaturbedürftig. Auch förderten sie das Wasser — von wenigen Ausnahmen abgesehen — kalt in den Kessel. Das war auch ein böser Übelstand, wie wir weiter unten noch sehen werden.

Mit großer Freude wurde es daher begrüßt, als 1858 der Franzose Giffard die Kesselspeisung in gänzlich neuer Weise bewirkte. Die schon lange vor ihm bekannte und mehrfach zu anderen Zwecken ausgenutzte Eigenschaft eines Wasser- oder Dampfstrahles beim Durchströmen von Düsen — vergl. auch das über „Blasrohr" oben Gesagte — verwertete er in einer höchst einfachen Vorrichtung, Injekteur oder Injektor, später Dampfstrahlpumpe genannt. Indem er hiermit das Wasser vermöge der lebendigen Kraft eines Dampfstrahles in den Kessel trieb, gab er dem Lokomotivbetriebe nicht nur eine erhebliche Vereinfachung, sondern auch die unerläßliche Betriebssicherheit. Der Giffard-Injektor erfuhr in den folgenden Jahren bis auf die Neuzeit hinein mannigfache Abänderungen. Wohl kein anderer Lokomotivteil ist von den Maschineningenieuren so oft durchgearbeitet und umgeformt worden, wenngleich sein Grundgedanke stets unverändert blieb. Etwa Mitte der 70er Jahre waren die Kolbenpumpen nahezu vollständig auf den Lokomotiven durch den Injektor verdrängt, der seitdem unbestrittener Alleinherrscher geblieben ist.

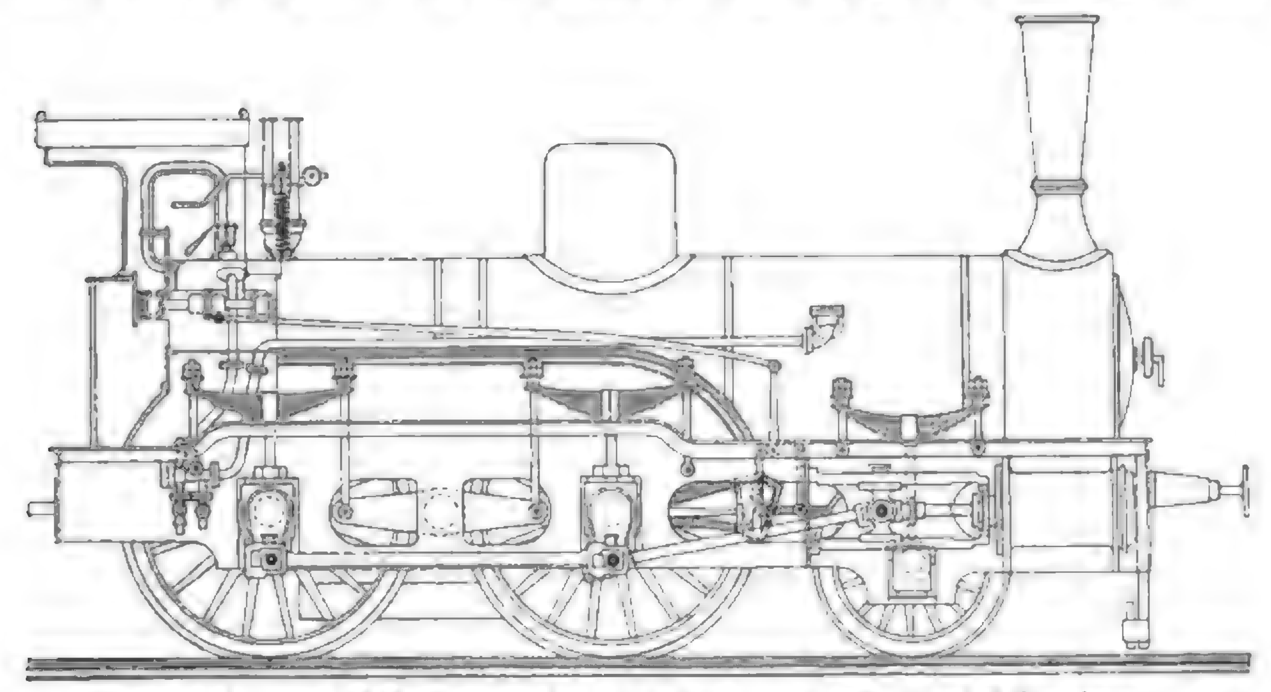
Fast alles Speisewasser enthält neben mechanisch beigemengten Verunreinigungen aufgelösten Kalk, Gips oder Magnesia. Diese Stoffe schlagen sich nun in hoher Temperatur, wie sie das Kesselwasser zeigt, sofort nieder und bilden dann Kesselstein, diesen ärgsten Feind der Lokomotivkessel. Wollte man daher das Speisewasser zwecks schnellerer Erwärmung an der Feuerkiste einführen, weil hier die relativ höchste Temperatur im Kesselwasser herrscht, so entständen in dem schmalen Wasserraume um die Feuerbüchse herum in kurzer Zeit starke Kesselstein- und Schlammablagerungen, die nicht nur die Wärmeabgabe der Feuergase an das Wasser behindern würden, sondern auch ein Abbrennen der Feuerbüchsbleche, Abbrechen der Stehbolzen u. s. w. zur Folge hätten. Man läßt deshalb das Speisewasser jetzt auch stets nahe der Rauchkammer in den Kessel eintreten und sucht möglichst reines Wasser zu verwenden, erforderlichenfalls verschafft man sich solches durch vorherige künstliche Reinigung.

Mechanisch beigemengte Verunreinigungen können durch Filter (Sand, Kies u. s. w.) beseitigt werden. Die aufgelösten Stoffe entfernt man in verschiedener Weise, und zwar fällt man z. B. den kohlensauren Kalk und die Magnesia durch Kalk oder Ätznatron, den Gips durch Soda. Die oft marktschreierisch angepriesenen Geheimmittel zur Verhinderung der Kesselsteinbildung sind ziemlich wertlos. Petroleum leistet mitunter gute Dienste, indem es das Ansetzen von Kesselstein an die Wandungen und sein Festbrennen verhindert, so daß er bei dem Reinigen (Auswaschen) des Kessels, das in manchen Bezirken allwöchentlich vorzunehmen ist, leicht entfernt werden kann. Es ist oft erstaunlich, welche Kesselsteinmengen und in welcher dicken Schicht trotzdem aus manchen Lokomotiven entfernt werden.

Reines Speisewasser ist für die Lebensdauer der Kessel von hervorragender Bedeutung, wie anderseits unreines die Kessel zerstört, zu kostspieligen Ausbesserungen derselben Anlaß

gibt und ihre Verdampfungsfähigkeit sehr beeinträchtigt. Manche Eisenbahnverwaltungen haben darum oftmals lange, teuere Wasserleitungen gelegt, um ihre Lokomotivstationen mit gutem Wasser (Fluß- oder Gebirgswasser) versehen zu können. Die Wirkung solcher Anlagen spiegelt sich in den geringeren Kesselreparaturen ihrer Hauptwerkstätten vorteilhaft wieder.

Einteilung der Lokomotiven. Aus den Ausführungen des ersten Abschnittes erkennt man schon ohne weiteres, daß wir je nach der Betriebsart der Bahn Reibungs- und Zahnradlokomotiven zu unterscheiden haben, und bei letzteren wieder reine Zahnradlokomotiven und vereinigte Zahnrad- und Reibungslokomotiven. Die Reibungslokomotiven sind verschieden in ihrer Bauart und ihren Abmessungen, je nachdem sie bestimmt sind für Haupt-, Neben- oder Kleinbahnen. Die Hauptbahnlokomotiven zerfallen wiederum in solche für Schnellzüge, Personenzüge, Güterzüge, gemischte Züge (d. h. Güterzüge mit Personenbeförderung) und für den Rangier- oder Verschiebedienst. Alle Lokomotiven sind entweder solche mit besonderem Vorratswagen für Wasser und Kohle (Schlepptender oder kurz Tender genannt), oder solche, die diese Vorräte über, unter, neben und hinter dem Kessel mitführen. Letztere heißen Tenderlokomotiven



178. Ansicht einer 2/3 Personenzuglokomotive mit vorderer Laufachse und Außenrahmen.

(Abb. 175), im Gegensatze zu den Lokomotiven mit Schlepptender (Abb. 226). Tenderlokomotiven finden auf Hauptbahnen für den Verschiebedienst Verwendung, desgleichen für das Befördern von Personen- und Güterzügen auf kurzen Linien. Auf Nebenbahnen sind sie die vorherrschend, auf Kleinbahnen die ausschließlich benutzte Gattung, soweit nicht andere Betriebsarten, wie Preßluft, Gas und Elektrizität hier gewählt sind.

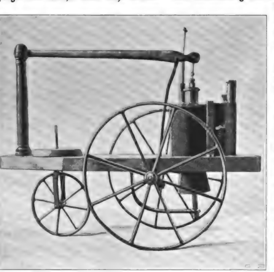
Ferner hat man sie nach gewissen Einzelheiten in der Bauart zu unterscheiden, die der Lokomotive ein besonderes Gepräge verleihen, so z. B. nach der Lage der Cylinder, ob innerhalb oder außerhalb der Rahmen, d. h. Lokomotiven mit Innen- oder Außencylindern*); nach der Lage der Rahmen, ob diese innerhalb oder außerhalb der Räder angeordnet sind, d. h. Lokomotiven mit Innenrahmen (Abb. 164 u. 170) oder mit Außenrahmen (Bauart Hall, Abb. 178 u. 225): nach der Zahl und Gruppierung der Radachsen, z. B. dreiachsige Lokomotiven mit einer Laufachse (Abb. 178), desgl. vierachsige mit Drehgestell (Abb. 164 u. 227) desgl. nur mit Treib- und Kuppelachsen (Abb. 175, 218, 221 u. 222) u. s. w.

Nach der Art der Dampfausnutzung endlich teilt man sie ein in solche mit einfacher Dampfdehnung, das sind Lokomotiven mit Zwillingswirkung und solche mit zweifacher Dampfdehnung, das sind Lokomotiven mit Verbundwirkung (Verbundlokomotiven). Hierüber vergl. näheres auf S. 219.

*) Innencylinder sind in England beliebt, die übrigen Eisenbahnländer ziehen Außencylinder vor.

Geschichte der Lokomotive.

Noch ehe James Watt 1769 seine erste auf die Arbeiten Papins und die atmosphärische oder Feuer-Maschine Newcomens gegründete Dampfmaschine der Welt übergeben hatte, und ihre gewaltigen Vorteile zunächst für Bergwerkszwecke, sodann für das gewerbliche Leben zu Tage traten, war jener von seinem Freunde Robison (1759) darauf aufmerksam gemacht worden, daß die Dampfkraft zum Bewegen von Straßenwagen dienen könne. Watt, dem es bekanntlich zuerst gelang, die hin und her gehende geradlinige Kolbenbewegung durch den einfachen (am Spinnrocken und an der Drechslerbank schon längst benutzten) Kurbelmechanismus in eine Drehbewegung umzusetzen, nahm 25 Jahre später (1784) ein Patent auf einen Dampfwagen mit hölzernem, durch Eisenbänder verstärktem oder auch aus dünnem Blech gefertigtem Kessel mit innerem Flammrohr, verfolgte die Sache aber nicht weiter. Die Ausbildung der Kondensations-Niederdruckdampfmaschine und ihre wirtschaftliche Verwertung nahmen ihn ganz in Anspruch.



179. Murdochs Lokomotive, 1784.

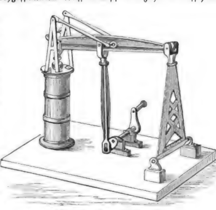
In anderen Ländern hatten mittlerweile erfinderische Köpfe schon versucht, die Dampfkraft für Fahrzeuge auszunutzen. Es gelang zum erstenmal dem französischen Militäringenieur Cugnot, der 1769 ein dreiräderiges Straßenfuhrwerk durch Dampf antrieb. Dasselbe vermochte mit vier Personen belastet eine Fahrgeschwindigkeit von $3\frac{1}{2}$ km in der Stunde zu erreichen. Die Dampfcylinder waren einfach wirkend, mit einem Vierweghahn als Dampfsteuerorgan, eine Anordnung, die bereits von Leopold in seinem 1720 in Kassel erschienenen „Theatrum Machinarum“ angegeben worden ist. Die Drehbewegung für das Treibrad bewirkte Cugnot durch eine sogenannte Ratsche (Sperrad mit Klinkhebel). Der Dampfkessel dieser ersten Ausführung erwies sich jedoch zu klein. Nach Cugnots Plänen ließ dann die französische Regierung mit einem Aufwande von 16 000 Mark eine größere, zum Fortschaffen schwerer Geschütze bestimmte Straßenlokomotive herstellen. Dieselbe endete aber schon nach wenigen Fahrten durch die Straßen von Paris infolge eines Zusammenstoßes mit einer Mauer und fand dann eine Ruhestätte im Conservatoire des arts et des métiers, wo sie noch jetzt gezeigt wird.

Im Jahre 1784 fertigte Murdock, Assistent von Watt, ein Modell eines Dampfwagens an, das von ihm in Thätigkeit gesetzt wurde und einige Fahrten ausführte. Abb. 179 gibt eine Ansicht dieses Modellwägelchens wieder. Aus dem senkrechten Dampfkessel ragt der Arbeitscylinder heraus, dessen Kolbenstange einen einarmigen langen Hebel bewegt, der seinerseits durch eine Lenkstange die Radachse in Umdrehung versetzt — eine Übertragungsform, die wir in etwas verbesserter Art 1801 bei Evans (Abb. 180), 1813 bei Hedley (Abb. 186 u. 187) und 1828 bei Foster, Rastrick & Co. (Abb. 207) wiederfinden.

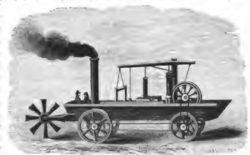
Digitized by Google

Murdock hat seine immerhin brauchbare Idee seltsamerweise nicht weiter verfolgt. Sein Versuchsmodell war 1851 auf der Weltausstellung in London von der Firma J. Watt & Co. in Soho zur Schau gestellt.

Eine wesentliche, wenn auch nur mittelbare Förderung fand die Dampflokomotive durch den Amerikaner Oliver Evans. Im Jahre 1784 nahm dieser ein Patent auf die Hochdruckdampfmaschine, bei der er hochgespannten Wasserdampf von zehn Atmosphären Pressung verwenden wollte. Hiermit erst war die Grundlage für eine gedeihliche Entwickelung des Dampfwagens geschaffen. Man kannte — abgesehen von den beiden vorgenannten kurzlebigen Versuchen Cugnots und Murdocks — bis dahin nur die Kondensationsdampfmaschine von Watt, die mit einem Dampfdruck betrieben wurde, der kaum den Druck der natürlichen Atmosphäre überschritt. Diese Wattschen Niederdruckmaschinen waren aber für den Betrieb von Straßenwagen nicht nur viel zu schwerfällig, sondern wegen der für das Kondensieren des Dampfes erforderlichen großen Wassermenge völlig ungeeignet. Die Hochdruckmaschine von Evans war daher ein großer Fortschritt. Sie besaß außerdem im Verhältnis zu ihrer Leistung geringes Gewicht und ließ sich daher auf einem Wagen bequem unterbringen. Evans bewarb sich 1786 in Pennsylvanien um ein Patent auf eine Dampfstraßenlokomotive, wurde aber von seinen Landsleuten als an der „Dampfkrankheit“ leidend verlacht, sein Plan für ein Hirngespinst erklärt und das Patent ihm verweigert. Im folgenden Jahre erhielt er jedoch ein solches im Staate Maryland. Er verfolgte zähe seine Idee. Im Jahre 1801 führte er eine Hochdruckdampfmaschine aus, bei der die geradlinig hin und her gehende Kolbenbewegung nach Art der Modellfigur (Abb. 180) durch einen um einen Endpunkt drehbaren Schwinghebel — einen sogenannten Grasshopper beam — mittels Lenkstange in die Drehbewegung umgesetzt wird, also ähnlich wie bei Murdock. Im Jahre 1804 baute Evans einen Dampfbagger für den Hafen von Philadelphia, den Oructor Amphibolus (Grabmaschine zu Wasser und zu Lande), aus dem manche Schriftsteller nachher einen Dampfwagen gemacht haben. Diese Legende ist höchstwahrscheinlich dadurch entstanden, daß Evans den Bagger auf Räder setzte und diese durch die Dampfmaschine desselben mittels Seile antreiben ließ (Abb. 181), um ihn vom Herstellungsorte durch eigene Kraft $2^1/_2$ km weit an den Fluß zu schaffen. Wegen dieser Beweglichkeit zu Lande und zu Wasser hatte Evans auch die vorerwähnte doppelsinnige Bezeichnung gewählt. Der Transport dieses Dampfungetüms ging damals „im Angesichte von wenigstens 20000 Zuschauern durch die Straßen von Philadelphia bis an den Schuylkillfluß“ vor sich. Evans selbst hat wohl niemals einen eigentlichen



180. Evans' Dampfmaschine.



181. Evans' Dampfbagger „Oructor Amphibolus“, 1804.

Digitized by Google

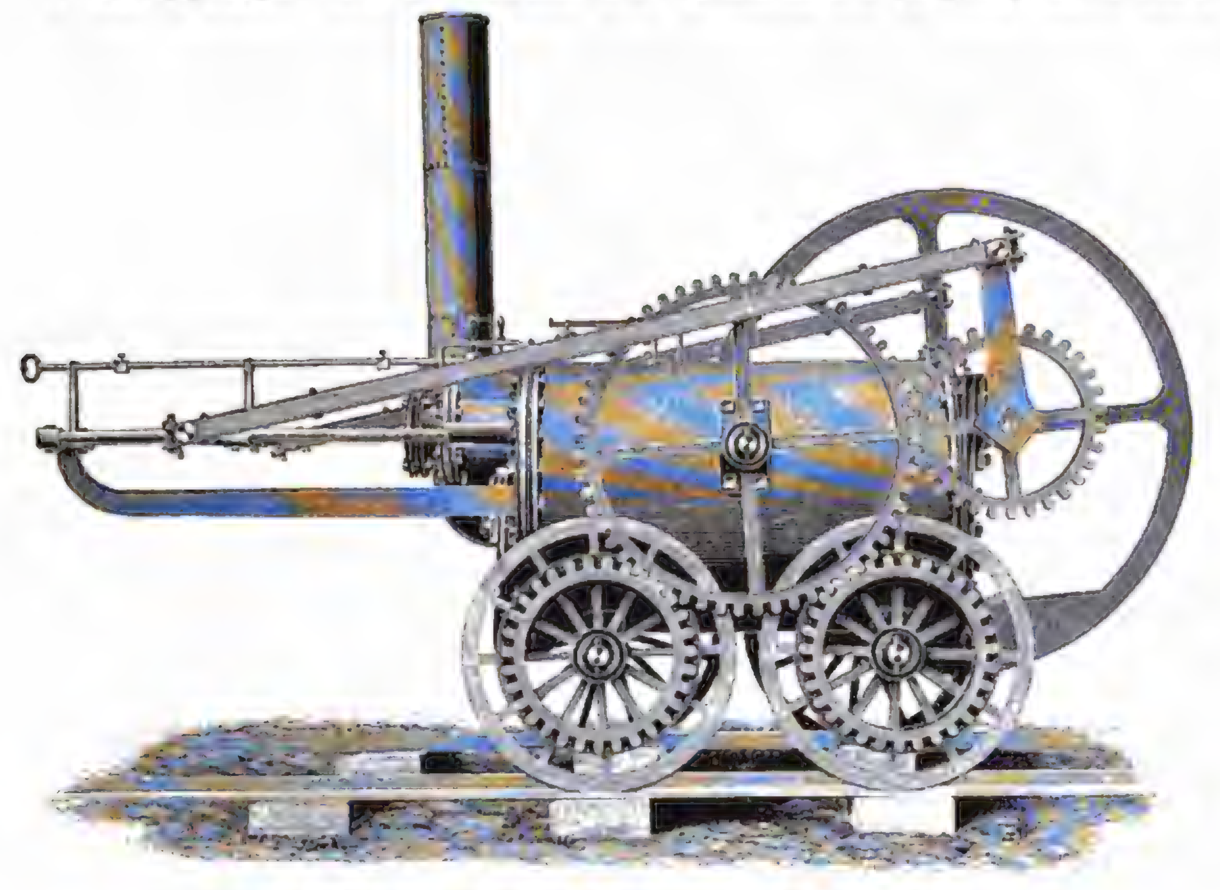
Dampfwagen gebaut. In einer von ihm um das Jahr 1805 zu Philadelphia veröffentlichten Schrift: „Führer des jungen Ingenieurs", legte er zwar die Grundzüge seiner Dampfmaschine, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Verwendung für Schiffs- und Wagenantrieb dar, beschreibt jedoch nirgends die Bauart eines Dampfwagens. Er empfiehlt in seiner Abhandlung zum Betriebe seiner Hochdruckmaschine bereits starke schmiedeeiserne Kessel mit einem Flammrohr im Inneren, und macht ferner sehr viele, damals höchst wertvolle Angaben über hochgespannten Dampf, bemerkt auch, daß ihm die Arbeiten Watts und seiner Vorgänger wohl bekannt seien.

In England hatte mittlerweile Richard Trevithik im Verein mit seinem Vetter Vivian 1802 ein Patent auf eine Hochdruckdampfmaschine und ihre Anwendung auf Dampfwagen genommen. Vivian gab nach Colburns „Geschichte der Lokomotive" das Geld her zu dem Bau einer Dampfdroschke, die nach London zur Schau gebracht wurde. Sie hatte aber keinen rechten Erfolg. Ein von Trevithik 1802 angefertigtes Modell einer Straßenlokomotive befindet sich im South-Kensington-Museum in London, woselbst eine Anzahl der denkwürdigsten Erfindungen auf dem Gebiete des Maschinenbaues in ihrer ersten Ausführung zusammengestellt sind. Besonders merkwürdig an dieser Versuchslokomotive, die Abb. 182 wiedergibt, ist das große Schwungrad, das die Drehbewegung der Radachse gleichförmiger gestalten sollte, da nur ein Dampfcylinder vorhanden war. Doch erst als Trevithik 1804 einen zweiten, für Spurbahnen bestimmten Dampfwagen baute, glückte ihm die Sache leidlich. Die noch jetzt im genannten Londoner Museum aufbewahrte Entwurfszeichnung hierzu wurde im Dezember 1803 vollendet. Nach ihr ist die „Engineering" entnommene Abb. 183 gefertigt. Beide Radachsen werden von der Schwungradwelle durch Zahnräder angetrieben. Am vorderen Kesselende liegt der sehr lange Cylinder mit dem Kolben, die Feuerthür und auch der Schornstein. Das die Feuerung aufnehmende „Flammrohr" durchzieht hier bereits das Kesselinnere in U-Form, also zweimal. Es besitzt daher eine große Heizfläche, welche die Wärme der Feuergase recht wirksam an das umgebende Kesselwasser abgeben kann. Der verbrauchte Dampf, Abdampf genannt, wurde durch ein Rohr in den Schornstein geleitet und diente so zur Verstärkung des für die Verbrennung erforderlichen Luftzuges. Die bei Trevithiks erstem Dampfwagen angebrachten Blasebälge waren dadurch wirksam beseitigt. Auf diese Art der Feueranfachung, wohl die erste Anwendung des „künstlichen Zuges", wird durch Gilbert in Nicholsons „philosophischer Zeitschrift" vom Jahre 1805 ausdrücklich aufmerksam gemacht. Es ist dies ein um so wichtigerer Vermerk, als später, wie wir sehen werden, eine ganze Anzahl von Männern Anspruch auf die erste Anwendung des künstlichen Zuges durch Abdampf erheben. Der Dampfdruck der Trevithikschen Lokomotive betrug ungefähr drei Atmosphären, war also gegenüber den damaligen Wattschen Niederdruckmaschinen immerhin schon hoch. Die Lokomotive diente kurze Zeit auf der Merthyr Tidvil-Bahn in Südwales zur Roheisenbeförderung und vermochte mehrere mit insgesamt 10000 kg Eisen belastete Wagen zu ziehen. Sie fand wohl eine große Zahl von Bewunderern, aber keine weitere Nachahmung.

182. Trevithiks Schwungradlokomotive, 1802.

Digitized by Google

Bemerkenswert an dieser ältesten Eisenbahnlokomotive ist noch der Umstand, daß die Räder an der Lauffläche in Breite der Fahrschienen glatt, daneben aber durch Nagelköpfe rauh gemacht waren. Neben die Eisenspur war eine Holzbahn gelegt, in die sich die Köpfe der Radnägel beim Fahren eindrückten. Durch die künstlich so vermehrte Reibung war die Lokomotive im stande, Wagenlasten fortzuziehen. In seiner Patentschrift vom Jahre 1802 wies Trevithik darauf hin, daß in gewissen Fällen der Umfang der Treibräder uneben zu machen sei, etwa durch vorstehende Bolzen, Nagelköpfe oder durch Querfurchen. Er setzt jedoch ausdrücklich hinzu, daß im allgemeinen die gewöhnliche Beschaffenheit oder Form der Außenfläche dieser Räder für den beabsichtigten Zweck genügen würde, das ist aber der glatte cylindrische Radumfang! Ihm war also im Gegensatz zu der in der späteren, auch neuzeitigen Litteratur allgemein verbreiteten Ansicht schon bekannt, daß die Reibung zwischen Treibrad und Radbahn unter Umständen für das Ziehen von Lasten genüge. Wenn er dennoch die vorgenannten Kunstmittel zur Vermehrung der Adhäsion vorschlug und anwandte, so war er dazu gezwungen, weil die Treibräder seiner Lokomotive viel zu gering belastet waren.



183. **Trevithiks verbesserte Schwungrad-Lokomotive, 1803/4.**
(Älteste Lokomotive für Eisenbahnen.)

Aus dem zu Anfang dieses Abschnitts über Schienenreibung Gesagten geht aber hervor, daß, wenn eine Lokomotive beim Anfahren einen bestimmten Widerstand überwinden soll, ihre Treibräder mit etwa dem 6,5fachen desselben belastet sein müssen. Dieses einfache Grundgesetz war aber derzeit noch nicht erkannt. Für die damalige Zeit kam noch erschwerend hinzu, daß die Spurwege vielfach in den unebenen und oft steilen Straßenzügen lagen, auf die so schwache Lokomotiven wie es die Trevithiksche war, mittels glatter Räder Wagenlasten nicht hinauf befördern konnten, zumal wenn die Schienen durch schmelzenden Schnee, Schlamm u. s. w. schlüpfrig geworden waren.

Von dieser Trevithikschen Lokomotive, die übrigens ihrem Erfinder weder Erfolg noch dauernde Anerkennung einbrachte, auch nicht einbringen konnte, da sie nicht genügend ausgereift und das gußeiserne Gleis, auf dem sie lief, auch nicht widerstandsfähig genug war, leitete sich wohl die falsche Anschauung jener Zeit her, daß zwischen glatten Treibrädern und Eisenschienen nicht so viel Reibung vorhanden sei, wie für das Fortziehen von Lasten notwendig ist. Und so sehen wir, wie die nächsten, von anderer Seite unternommenen Versuche auf Herstellung eines brauchbaren Dampfwagens sich alle mit der künstlichen Reibung abmühen. Sie alle waren sonach von vornherein nicht lebensfähig. Am aussichtsvollsten war noch die Zahnradlokomotive, auf die 1811 J. Blenkinsop,

Digitized by Google

Inspektor einer Kohlenzeche zu Middleton bei Leeds, ein Patent genommen hatte. In dessen Auftrage baute der Ingenieur Murray in Leeds eine derartige Lokomotive, die im Sommer 1812 in Betrieb gesetzt wurde. Abb. 184 zeigt uns diese erste Zahnradlokomotive. Die Zahnstange war seitlich an einer der Fahrschienen angegossen. In sie griff ein von zwei oben auf dem gußeisernen Dampfkessel befindlichen Dampfcylindern durch Lenkstangen, Kurbeln und Zahnräder angetriebenes Zahnrad ein, dessen Zähne der Lokomotive einen künstlichen Stützpunkt beim Ziehen gaben. In dem Kessel lag das Feuer- oder Flammrohr aus Eisenblech. Die Cylinder ragten zum Teil in den Kessel hinein. Die beiden Krummzapfen eines jeden Antriebscylinders, durch welche die Zahnradachse in Drehung versetzt wird, sind hier bereits um 90° gegen die des anderen Cylinders versetzt, und diese Winkelstellung der Kurbeln wird gleichzeitig durch die drei unter dem Kessel liegenden Zahnräder aufrecht erhalten. Steht sonach der eine Dampfkolben am Ende seines Weges, also im „toten Punkte", in welchem er keine Arbeit leisten kann, so befindet sich der andere gerade in der Mitte seines Hubes, kann also recht kräftig wirken. Wir haben hier somit eine Zwillingsmaschine — wohl die erste Zwillingsdampfmaschine überhaupt — die ein Anfahren der Lokomotive in jeder Stellung ermöglicht. Diese Versetzung der Kurbeln, die ihrem Erfinder Murray alle Ehre macht, ist seitdem bei allen Lokomotiven beibehalten worden.

184. Blenkinsops Zahnradlokomotive, erbaut von Murray, 1812.

Nach Clark, „Railway Machinery" konnte diese etwa 5000 kg schwere Lokomotive auf der 5,6 km langen Middleton-Kohlenbahn Lasten von 15 000 kg auf einer Steigung von 66 ‰ (1:15) überwinden. Die Fahrgeschwindigkeit betrug etwa 5 km in der Stunde. Sie kam noch für einige andere Zechenbahnen zur Ausführung, so z. B. auf der Coxlodgegrube, ohne jedoch auf diesen eine längere Betriebsdauer zu erreichen.*) Sie war wohl auf starken Steigungen zweckdienlich, nicht aber auf flach geneigter oder gar wagerechter Bahn. Hier fuhr sie viel zu langsam, zudem entstand durch das dreifache Zahngetriebe viel Lärm beim Fahren, vor allem aber war sie zu kostspielig in der Unterhaltung, nutzte auch den Gleisbau, der durch die Zahnstange einseitig beansprucht wurde, arg ab und gab zu vielen Schienenbrüchen Anlaß. Immerhin hat die Blenkinsop-Murray-Lokomotive trotz aller Mängel das Verdienst, auf stark geneigter Bahn sich als brauchbar erwiesen zu haben und die Vorläuferin unserer heute so stark verbreiteten Zahnradlokomotiven zu sein.

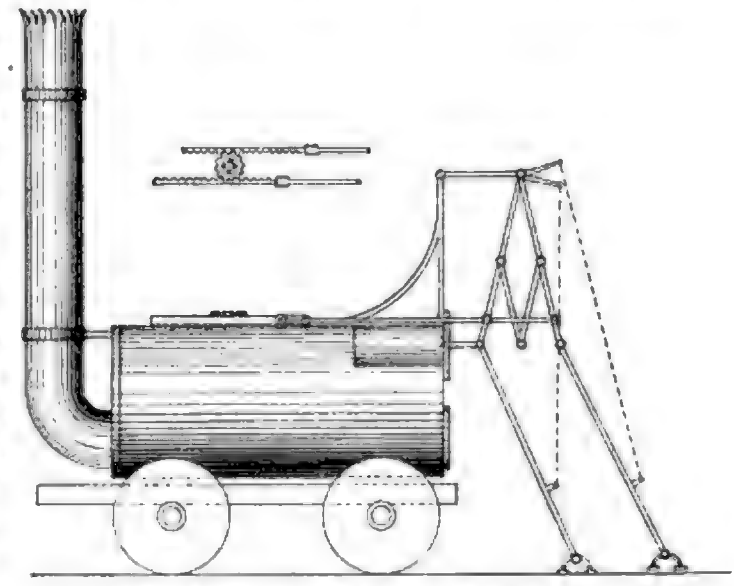
Eine Lokomotive dieser Bauart ist auch um 1816 in der Kgl. Eisengießerei zu Berlin für eine $2\frac{1}{2}$ km lange Kohlenbahn an der Saar hergestellt worden. Es ist dieses die erste deutsche Lokomotive, allerdings nach den in England gemachten Aufnahmen eines deutschen Bergbeamten angeordnet. Nach ihrer Vollendung vermochte sie auf einer Versuchsstrecke im Hofe der Eisengießerei Wagen mit 80 Zentner Belastung zu ziehen. Wohlverpackt in Kisten wurde sie auf dem Wasserwege über Amsterdam die Saar hinauf versandt. An ihrem Bestimmungsorte angelangt, machte das Zusammenbauen große Schwierigkeiten. Nach langen Bemühungen gelang es endlich, die Lokomotive in Bewegung zu setzen; — Wagen wollte sie aber nicht ziehen. Die Zahnbahn wurde abgebrochen und Pferdebetrieb an die Stelle gesetzt.

*) Auf der Coxlodgegrube fand dieser Lokomotivbetrieb infolge einer Kesselexplosion ein frühzeitiges Ende; auf der Middletongrube dagegen stand er bis zum Jahre 1839 in Benutzung.

Digitized by Google

Im Eröffnungsjahre der ersten deutschen Eisenbahn (1835) wanderte die Zahnradlokomotive nach langer Ruhepause ins alte Eisen. Das in Berlin erschienene „Museum des Neuesten und Wissenswürdigsten" gibt in seinem Oktoberheft vom Jahre 1816 eine ausführliche Beschreibung von ihr, die sich ganz mit der Abb. 184 deckt.

Im Jahre 1812 versuchten die Gebrüder William und Edward Chapman, von denen ersterer Zivilingenieur war, die Aufgabe dadurch zu lösen, daß sie statt der Zahnstange eine an beiden Enden der Bahn fest verankerte Kette wählten, an der sich die Lokomotive mittels einer durch Dampf angetriebenen Rolle oder Windetrommel entlang ziehen sollte, wie das heutigestags noch bei der Kettenschiffahrt auf der Elbe, Saale u. s. w. und in ähnlicher Weise bei der Seilfahrt auf Flüssen zur Anwendung kommt. Auch ließen sie sich gleichzeitig hiermit eine künstliche Feueranfachung durch ein von der Lokomotive getriebenes Gebläse patentieren und sahen für scharf gekrümmte Bahnen, desgleichen für leichte Schienen — damals stets aus Gußeisen in kurzen Stücken hergestellt — Drehgestelle für ihre Lokomotiven vor. Ihren Kettenantrieb bildeten sie auch dahin aus, daß mittels einer endlosen Kette von begrenzter Länge eine beliebig lange Bahnlinie befahren werden konnte. Es wurde eine Kettenlokomotive auf der Hettonbahn in der Nähe von Newcastle-on-Tyne zwar erprobt, aber zu brauchbaren praktischen Ausführungen haben sich diese Chapmanschen Vorschläge nicht verdichtet. Das Drehgestell allein war lebensfähig, wurde jedoch erst zwei Jahrzehnte später und zwar von amerikanischer Seite nutzbar gemacht.


185. Lokomotive von Brunton, 1813.

Brunton, Ingenieur der Batterley Eisenwerke, kam 1813 sogar auf den abenteuerlichen Gedanken, „die Natur nachzuahmen", indem er seine Lokomotive hinten mit zwei Giraffenbeinen ausstattete, deren Gelenke nach Abb. 185 abwechselnd durch die Kolbenstange eines wagerecht liegenden Dampfcylinders hin und her bewegt bezw. geknickt wurden. Die unten mit Gelenkklauen versehenen Eisenstelzen oder Krücken fanden dabei abwechselnd am Bahnkörper festen Stützpunkt und konnten daher die Lokomotive fortdrücken. Jede um den oberen Punkt pendelnde Krücke war etwas oberhalb ihres Knickpunktes mit einer wagerechten Zahnstange verbunden, die in ein oben auf dem gußeisernen Dampfkessel gelagertes Zahnrad eingriff. Dadurch waren beide Krücken miteinander gekuppelt, ging die eine vorwärts, so mußte die andere sich entgegengesetzt bewegen. Durch eine Schnur wurden die Klauen beim Zurückholen der Stelzen vom Boden abgehoben. Es ist hier also thatsächlich die Bewegung des Tierbeines nachgeahmt. Die Lokomotive vermochte sich mit etwa 4 km Geschwindigkeit in der Stunde fortzuschleichen und entwickelte etwa 5 Pferdestärken. Eine Kesselbeschädigung setzte ihrem Wirken ein baldiges Ziel. (Brunton hatte sich diese Krückenbewegung auch für die Beförderung von Schiffen unter Nr. 3700 patentieren lassen!) Noch andere seltsame Anordnungen wurden in jener Zeit erdacht. Aber alle diese zum Ersatz der angeblich mangelnden Schienenreibung ersonnenen Künsteleien konnten nimmermehr eine brauchbare Lokomotive für dauernden Betrieb abgeben.

Erst als **Blackett**, Inspektor der bei Newcastle-on-Tyne gelegenen Wylamzechen auf der Wylam-Lemingtonbahn im Verein mit William **Hedley**, ebenfalls Inspektor bei den vorgenannten Kohlengruben, durch besondere eingehende Versuche an einem mittels Handwinden angetriebenen Eisenbahnwagen feststellte, daß bei entsprechender Belastung der glatten Eisenräder die Reibung zwischen Treibrad und Schiene völlig ausreichend sei für das Anfahren und Fortziehen von Fahrzeugen, war auch die Grundlage geschaffen, auf der sich eine lebensfähige Lokomotive weiter entwickeln konnte. Blackett selbst mühte

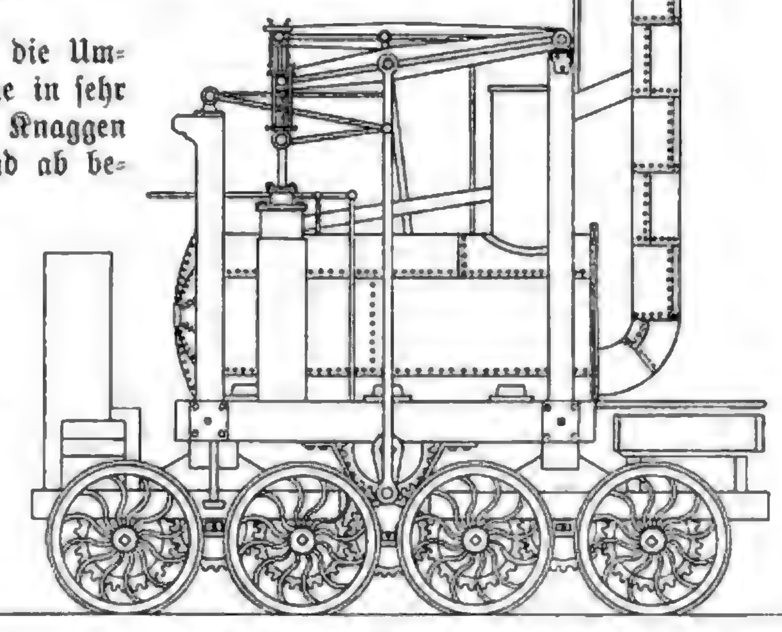
Digitized by Google

186. Erste brauchbare Lokomotive, erbaut von Hedley 1813.
Nach einer Aufnahme von R. H. Bleasdale in Birmingham.

Digitized by Google

sich wiederholt, aber stets vergeblich ab, eine brauchbare Lokomotive herzustellen. Hedley aber nahm im Jahre 1813 ein Patent auf eine Lokomotive und führte eine solche nach mancherlei Versuchen und Änderungen für die Wylam-Kohlenbahn aus. Sie ist die erste brauchbare Dampflokomotive mit glatten Rädern.*) Ihre Gesamtanordnung ist in Abb. 186 wiedergegeben. Zu beiden Seiten des vorderen Kesselendes befindet sich ein aus Eisenblech zusammengenieteter 1 m langer Dampfcylinder von 300 mm äußerem Durchmesser und 915 mm Hub. Jede Kolbenstange greift an einem langen, oberhalb des Kessels gelagerten Schwinghebel an, der hinten am Schornsteinende abgestützt ist. Von jedem dieser Hebel wird die Auf- und Abwärtsbewegung mittels Lenkstange und Krummzapfen auf eine unter dem Kessel befindliche Blindachse übertragen und hier in eine Drehbewegung umgesetzt. Ein auf dieser Achse sitzendes Zahnrad treibt nun nach beiden Seiten durch je zwei Zahnräder die in je 900 mm Abstand von ihm gelagerten Treibachsen mit ihren 980 mm großen Rädern an, und zwar mit vergrößerter Geschwindigkeit, da das Achsenzahnrad einen kleineren Durchmesser als das treibende besitzt. Gleichzeitig dient das letztere aber auch dazu, die beiden um 90° gegeneinander versetzten Krummzapfen in dieser Lage zu erhalten, damit die Lokomotive als Zwillingsmaschine arbeiten kann.

Bemerkenswert ist ferner die Umsteuerung der Dampfcylinder, die in sehr einfacher Weise durch je zwei Knaggen einer vom Schwinghebel auf und ab bewegten Stange bewirkt wird, die ähnlich wie bei den älteren Wassersäulen- und Wasserhaltungsmaschinen einen den Dampfzu- und -abfluß regelnden wagerechten Steuerhebel verstellen. Mit richtigem Blick hatte Hedley, wie s. Zt. auch Trevithik, als Verbrennungs- und Heizkammer ein U-förmig gebogenes Flammrohr gewählt, in welchem der Rost mit der Feuerthür an der Schornsteinseite lag. Es mußten daher die Rauchgase zweimal den Kessel durchziehen und konnten so mehr Wärme an das das Flammrohr einhüllende Kesselwasser abgeben. Es war dieses für die damalige Zeit eine durchaus wirkungsvolle Anordnung.


178. Hedleys 8-Räderlokomotive, 1815.

Eine dieser Hedley-Lokomotiven, Namens Puffing Billy, that bis zum 6. Juni 1862 auf der Wylambahn Dienst; dann wurde sie nach fast 50jähriger Benutzung für das South-Kensington-Museum angekauft, in welchem sie neben der Siegeslokomotive Stephensons einen Ehrenplatz gefunden hat. Abb. 186 zeigt sie uns nach einer älteren Photographie in Verbindung mit ihrem ursprünglichen Tender, dessen Wasserbehälter nach damaliger Art durch ein gewöhnliches Faß gebildet wird. Später wurde dieses durch einen Kasten ersetzt, wie ihn das South-Kensington-Museum erhalten hat. Die oben gegebenen Abmessungen hat Verfasser an jenem Orte durch Messung entnommen. Unsere Abbildung läßt auch die Abführung des verbrauchten Dampfes durch den Schornstein, also künstliche Zugwirkung durch ein Blasrohr erkennen. Wann dieses von Hedley angebracht ist, ist unbekannt. Seine Patentschrift vom Jahre 1813 enthält nichts darüber. Später hat ein Neffe desselben die erste Verwendung des Blasrohrs an Lokomotiven für William Hedley in Anspruch genommen — ob mit Recht, ist nicht nachweisbar.

W. Hedley baute 1815 eine ähnliche Lokomotive, der er nach Abb. 187 acht Räder gab, um durch Verminderung des Raddruckes die damaligen zerbrechlichen, gußeisernen

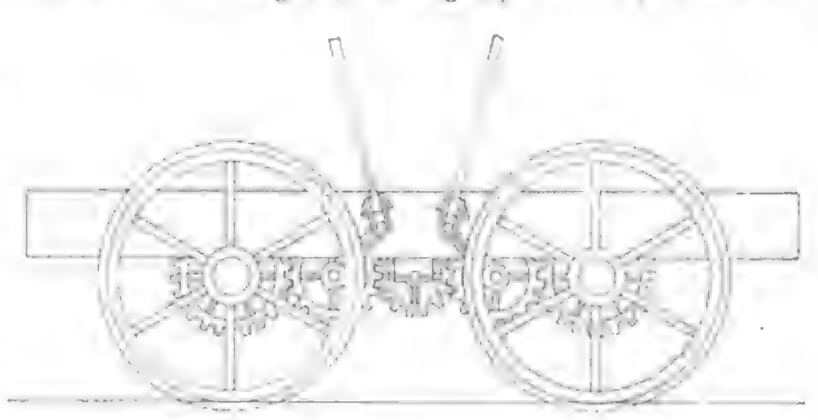
*) Die auch in der neuesten Fachlitteratur so oft zu findende Bemerkung: Stephenson habe 1814 die erste brauchbare Lokomotive geschaffen, ist hiernach grundirrig.

Schienen mehr zu schonen und die Unterhaltungskosten herabzuziehen. Es werden hier die vier Achsen durch nicht weniger als acht Zahnräder angetrieben, was gerade nicht zum Vorteil der Arbeitsübertragung ist. Diese Bauart, bei der je zwei Achsen in einem besonderen Rahmen gelagert waren, hat Anlaß zu der in der deutschen Litteratur verbreiteten Legende gegeben, daß die Lokomotive zwei um einen Mittelzapfen einstellbare Drehgestelle besessen hätte, Hedley also der Erfinder derselben sei. Das ist nicht richtig. Schon die in einer Ebene liegenden acht Zahnräder und die durch Abb. 187 wiedergegebene Bauart der Rahmengestelle verbieten eine solche Anordnung. Oben sind die Gebrüder Chapman auf Grund ihrer Patentschrift vom Jahre 1812 als die ersten Verwender von Lokomotivdrehgestellen genannt worden. Auffallend ist die Dampfabführung in Abb. 187. Der Abdampf gelangt erst in einen geräumigen Zwischenbehälter und aus diesem in den Schornstein. Nach Smiles hatte Hedley diese Anordnung getroffen, um das vordem vorhandene laute Geräusch des ausströmenden Dampfes, durch das die Anwohner der Bahn zu sehr belästigt und die Pferde scheu geworden waren, zu beseitigen. Eine wirksame Feueranfachung durch den Abdampf war freilich damit aufgegeben.

188. George Stephenson.
Geboren am 9. Juni 1781 in Wylam bei Newcastle-on-Tyne.
Gestorben am 12. August 1848 in Tapton House bei Chesterfield.

Um das Jahr 1814 greift auch George Stephenson in den Entwickelungsgang der Lokomotive ein. Mit glücklicher Hand und sicherem praktischen Blick bildet er sie weiter aus und gibt ihr im Verlauf von 15 Jahren unter wesentlicher Beihilfe anderer erfahrener Männer diejenige Anordnung, die sie zum Kulturträger unserer Zeit befähigen sollte. — Stephenson (vergl. Abb. 188) hatte sich durch rastlosen Eifer allmählich vom Pferdetreiber einer Kohlenbahn zum Maschinenwärter emporgearbeitet. Im Jahre 1811 gelang es ihm, eine Verbesserung an einer Newcomenschen Feuermaschine sowie an einer Bergwerkspumpe zu treffen, was ihm die Stelle eines Maschinenmeisters des bei Newcastle gelegenen Killingworth-Bergwerks verschaffte. Ein Jahr später wurde er bereits infolge seiner Kenntnisse im praktischen Maschinenwesen und seines scharfen Blickes für maschinelle Betriebe zum Grubeninspektor ernannt. Als solcher konnte er seine Begabung und seinen inneren Drang freier entfalten, und besonders eifrig arbeitete er u. a. an der Verbesserung der Lokomotive, deren Mängel er an der Hedley- und Blenkinsopschen Bauart wiederholt kennen gelernt hatte. Die nötigen Geldmittel gab ihm der Besitzer des vorgenannten Bergwerkes, Lord Ravensworth. Am 25. Juli 1814 setzte Stephenson seine erste Lokomotive auf der Killingworth-Eisenbahn in Betrieb. Zu Ehren des alten

Blücher, für den damals ganz England schwärmte, war sie auf den Namen dieses ruhmreichen deutschen Feldherrn getauft. Sie bewährte sich aber nicht. Wohl hatte sie glatte Treibräder, nutzte also die Schienenreibung aus, aber dieselben wurden nach Abb. 189 durch Zahnradgetriebe in Umdrehung versetzt, von denen das mittelste zur Regelung der gegenseitigen Umdrehungen der beiden Radachsen, bezw. zur Aufrechterhaltung der 90 Grad-Versetzung der beiden Drehkurbeln diente. Diese Bauart war eine Abänderung der Hedley- und der Blenkinsop-Lokomotive. Sie entlehnte von der letzteren die Lage der Dampfcylinder und die Lenkstangenanordnung, von der ersteren dagegen die Bewegungsübertragung auf die Treibachsen. Nur war jetzt die Übersetzung „ins Langsame" gewählt, indem die Radachsen je ein 60 cm großes Zahnrad besaßen, während die drei treibenden Zahnräder kleiner waren. Der Kessel war mit einem einfachen geraden Flammrohr ausgestattet, das unmittelbar in den weiten Schornstein mündete. Auch hier gab es während der Fahrt durch die fünf Zahnräder viel klappernden Lärm, der mit der starken Abnutzung der Getriebe zunahm. Die Lokomotive leistete etwa 6—7 Pferdestärken und vermochte eine Wagenlast von 30 500 kg über eine Steigung von 2,2 ‰ (1 : 450) mit höchstens 6 km Stundengeschwindigkeit zu ziehen. Smiles, der das Leben und Wirken G. und R. Stephensons sehr liebevoll und eingehend geschildert hat,*) sagt, daß die mittlere Fahrgeschwindigkeit dieser Lokomotive ungefähr 4 englische Meilen, also etwa 6 km in der Stunde gewesen sei und daß nach Verlauf des ersten Betriebsjahres sich kein Vorteil gegenüber dem bisherigen Pferdetransport ergeben habe. Stephensons erste Lokomotive muß darum nach allem als eine verfehlte Bauart bezeichnet werden, die Hedleylokomotive war besser durchdacht. Der Kessel krankte an zwei Hauptübeln: an dem einfachen Flammrohr und an dem viel zu weiten Schornstein. Ersteres besaß nicht wärmeabgebende Fläche genug, und der letztere erzeugte nur schwachen Zug. Er hatte einen Durchmesser von 510 mm, das ist ein Maß, wie es unsere jetzigen Lokomotiven stärkster Bauart erfordern, das aber für die Zwerglokomotiven damaliger Zeit durchaus falsch war. Selbst wenn Stephenson an seiner Lokomotive den Abdampf in richtiger Weise in den Schornstein geleitet hätte — was aber aus der einschläglichen Litteratur nicht nachzuweisen ist, und worüber auch seine eigenen Patentschriften vom Jahre 1815 und 1816 nichts verlauten lassen — konnte die kleine Mündung des Abdampfrohres in dem sehr langen und 510 mm weiten Schornstein eine kräftige Wirkung auf die Feueranfachung nicht äußern, zumal bei der geringen Fahrgeschwindigkeit von höchstens 6 km in der Stunde. Die Stephensonmaschine stand deshalb auch in der Leistung der Hedleylokomotive nach, nach Colburn sogar auch der Blenkinsoplokomotive. Das stolze Wort, das vorher G. Stephenson beim Anblick der schleichenden Lokomotiven der beiden vorgenannten Männer hatte fallen lassen, „er glaube, eine bessere Maschine machen zu können", hatte sich hier noch nicht erfüllt. Die Kesselanlage seines Erstlingswerkes war eher ein Rückschritt als ein Fortschritt. An dieser krankten auch alle seine weiteren bis zum Jahre 1829 erbauten Lokomotiven.



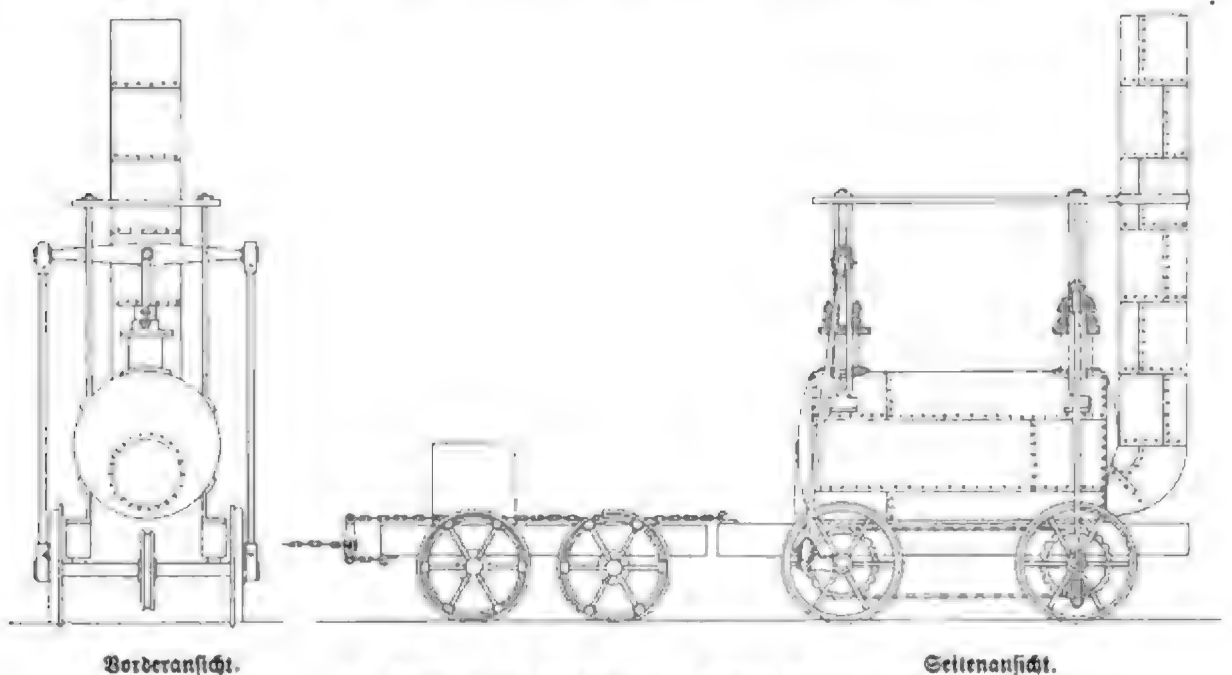
189. Stephensons Zahnradantrieb für die Lokomotive „Blücher", 1814.

In Bezug auf Antrieb der Treibräder zeigt dagegen Stephensons zweite Lokomotive vom Jahre 1815 eine Vervollkommnung. Alle Zahnräder sind hier fortgelassen und die Treibräder nach einem von Stephenson und dem Ingenieur Dodds gemeinsam genommenen Patente unmittelbar durch Lenkstangen und Kurbeln angetrieben. Damit war auch

*) Samuel Smiles, „Lives of the Engineers", Bd. III G. und R. Stephenson.

die Möglichkeit für ein schnelleres Fahren gegeben, das ausgeschlossen war, solange Zahnräder in Benutzung standen.

Die Dampfarbeit jedes Cylinders wird wie bei Blenkinsop-Murray (Abb. 184) durch die Kolbenstange an ein senkrecht geführtes Querhaupt, auch Kreuzkopf genannt, abgegeben und von diesem durch zwei Lenkstangen — je eine auf jeder Lokomotivseite — nach unten übertragen und zwar hier jetzt unmittelbar auf die beiden Kurbeln jeder Radachse. Der eine Cylinder treibt die Vorderräder, der andere die Hinterräder an. Die notwendige rechtwinkelige Versetzung der Kurbeln beider Radachsen gegeneinander zwecks Sicherung des Anfahrens der Lokomotive aus jeder Kolbenstellung, die bei Blenkinsop, Hedley und Stephensons erster Lokomotive durch ein zwischengeschaltetes Zahnrad gesichert wurde, wurde hier durch eine endlose Kette aufrecht erhalten, die sich um zwei am Umfange mit Vorsprüngen versehene Rollen schlang, die in der Mitte der Treibachsen auf diesen befestigt waren. Diese Kettenkupplung ist zum zweitenmal 1851 bei der Preislokomotive „Bavaria" der Semmeringbahn (S. 214) von Maffei angewendet worden — mit gleich schlechtem Erfolge wie hier.

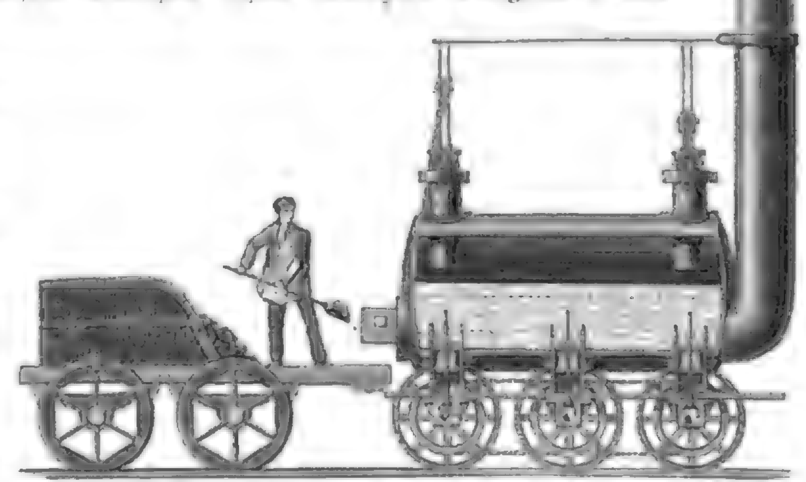


190. Stephensons Lokomotive. Zweite Bauart, 1815.

Statt der Kette hatte Stephenson in dem Patente vom Jahre 1815 (Abb. 190) auch zwei Kuppelstangen vorgesehen, die innerhalb der Räder die zu diesem Zwecke je doppelt durchgekröpften Treibachsen in ihrer gegenseitigen Lage zu einander erhalten sollten. Diese an sich wirksame Anordnung konnte sich bei dem damaligen Stande des Schmiedehandwerks nicht bewähren, da die doppelt gekröpften Achsen betriebssicher kaum herzustellen waren, und gelangte daher nicht zur Ausführung.

Ein Mangel aller bisherigen Lokomotiven war das gänzliche Fehlen elastischer Tragfedern, was sich bei dem schwachen und wenig sorgfältig verlegten Oberbau jener Tage doppelt fühlbar machte. Noch kannte man derzeit keine Federn aus Stahl, wie sie heute bei den Eisenbahnfahrzeugen aller Länder üblich sind. Jede Unebenheit im Gleise, jeder Unterschied in der Höhenlage der einen Schiene gegen die andere und jede Schienenlücke mußte sich daher auf die Lokomotive als harter Stoß übertragen. Diesen hatte das ganze Fahrzeug aufzunehmen, worunter der Zusammenhang der Lokomotivteile sehr leiden mußte. Reparaturen über Reparaturen waren die unvermeidliche Folge, nicht nur an der Maschine und dem Kessel, sondern auch am Oberbau, dessen gußeiserne Schienen nur allzuhäufig zerbrachen. Ebensowenig wie man empfindliche Waren über holpriges Pflaster in einem federlosen Ackerwagen versendet, sondern sich dazu gut abgefederter Frachtwagen bedient, darf man Eisenbahnfahrzeuge, vollends gar Lokomotiven mit genietetem Dampfkessel, ohne elastische Stützung benutzen. Auch das Fahrpersonal würde die heftigen

Erschütterungen auf die Dauer nicht ertragen können. — Im Herbst 1816 nahm Stephenson im Verein mit Losh*) ein Patent auf „Dampffedern“, um den vorerwähnten Übelstand zu beseitigen. Zu dem Zweck wurden zwischen Kessel und Treibachsen kleine Dampfcylinder — für jedes Rad einer — eingeschaltet, deren Kolben sich mit ihrer Stange auf die Achslager stützten. Die mit dem Kessel fest verbundenen Cylinder waren oben offen und standen mit dem Kesselinneren in unmittelbarer Verbindung, so daß der Dampf und das Wasser auf die feststehenden Kolben drückten und das Kesselgewicht bei richtiger Wahl des Kolbendurchmessers ausglichen. Der ganze Kessel schwebte gleichsam vermittelst Dampfdrucks auf diesen Kolben. Hierdurch waren ebenso viele sehr elastische Kissen geschaffen, die die Stöße zwischen Rad und Schiene auffingen und sie milderten. Abb. 191, in welcher das Wasserfaß auf dem Tender fortgelassen ist, zeigt, wie die Stephensonsche Patentschrift vom Jahre 1816, drei durch Gliederketten gekuppelte Radachsen unter dem Lokomotivkessel. Die „Federcylinder“ sind in ihrer tiefsten Lage gezeichnet, in der sie sich beim Anheizen der Lokomotive befinden. Bei Eintritt einer genügend starken Dampfpressung muß ein solcher Kessel sich in dem Radgestell heben, da der Dampfdruck auf seine obere Wandung größer ist als auf die untere, durchbrochene. Theoretisch ist die Sache leidlich, praktisch ist sie unbrauchbar, denn die Federung war nicht nur von dem jemaligen Dampfdruck abhängig, sondern sie mußte auch zu fortwährenden Undichtigkeiten und zu Ausbesserungen Anlaß geben. Als dann später Wood die für bessere Kutschen schon benutzten Tragfedern aus Stahl für Eisenbahnfahrzeuge verwendbar gestaltete, wurden diese dauernd in den Lokomotivbau eingeführt. Solange die Dampfcylinder aber senkrecht gestellt blieben, war der Vorteil der Federung teuer erkauft, wie weiter unten nachgewiesen ist. Letztere kam erst dann zur Geltung, als die Cylinder wagerecht gelegt wurden.

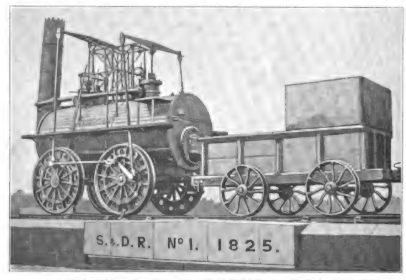

191. Stephensons Lokomotive. Dritte Bauart, 1816.

Stephenson baute in den nächsten Jahren eine Anzahl Lokomotiven für verschiedene Kohlenbahnen Englands. Nach seiner Angabe vor dem Parlamentsausschuß anläßlich der Prüfung des Entwurfs der Liverpool-Manchesterbahn im April 1825 hatte er bis zu letzterem Zeitpunkt 16 Lokomotiven fertiggestellt. Clark berichtet, daß die Leistung dieser Lokomotiven etwa gleich derjenigen von 7—8 lebenden Pferden gewesen wäre. Unsere heutigen Lokomotiven entwickeln bis 1300 Maschinen-Pferdestärken, was der Leistung einer noch weit größeren Zahl lebender Pferde entspricht, ganz abgesehen von der durch letztere nicht zu erzielenden großen Fahrgeschwindigkeit und langen Fahrdauer. Man war damals schon mit jener geringen Leistung zufrieden und betrachtete die „Iron Horses“, wie die Lokomotiven vom Volksmunde getauft worden waren, mit Recht als einen staunenswerten Fortschritt im Verkehrswesen.

Im Jahre 1823 wurde G. Stephenson zum bauleitenden Ingenieur der für Pferdebetrieb vorgesehenen Stockton-Darlington Eisenbahn berufen. Seinen beredten, eindringlichen Vorstellungen gelang es, drei Lokomotiven für dieselbe in Bestellung zu erhalten. Mit finanzieller Hilfe des Hauptbeteiligten an dieser Bahn, Edward Pease,

*) Daß Stephenson seine Patente mehrfach im Verein mit einem anderen nahm, hat seinen Grund wohl in seiner schlechten Vermögenslage und in der Kostspieligkeit der Patente. Die Kosten eines englischen Patentes beliefen sich derzeit auf 100 Pfund Sterl., also etwa 2200 Mk. Stephenson bedurfte damals noch eines Geldmannes. Nach den Tagen von Rainhill gelangte er mit dem Aufblühen seiner Lokomotivfabrik schnell zu Reichtum.

und einiger anderer gründete er 1823 die später Weltruf genießende Lokomotivfabrik in Newcastle-on-Tyne. Im September 1825 wurde die erste der vorgenannten drei Lokomotiven an die Stockton-Darlingtonbahn abgeliefert. Der Räderantrieb ist hier der gleiche wie im Jahre 1815; die Kuppelung der Räder, bezw. die Aufrechterhaltung des Kurbelwinkels von 90° ist jedoch nicht mehr durch die Kette bewirkt, die sich im Betriebe bald reckte und dann ihre wichtige Aufgabe nicht mehr erfüllen konnte, sondern durch außen an den Rädern angebrachte Kuppelstangen in Verbindung mit einer rechtwinkelig abgebogenen Gegenkurbel. Abb. 192 gibt ihre äußere Ansicht wieder. Es ist das die denkwürdige Lokomotive „Locomotion“, später „Nr. 1“ genannt.*) Noch liegt bei dieser der Verbrennungsraum in dem einzigen, den Kessel nur einmal durchziehenden Flammrohr von 560 mm Weite, das die winzige Heizfläche von 3 qm darbietet (gegen 60—325 qm unserer heutigen Lokomotiven). Noch sind die beiden Dampfcylinder oben senkrecht in



192. Stephensons Lokomotive „Locomotion“ (Nr. 1) für die Stockton-Darlington Bahn, 1825.

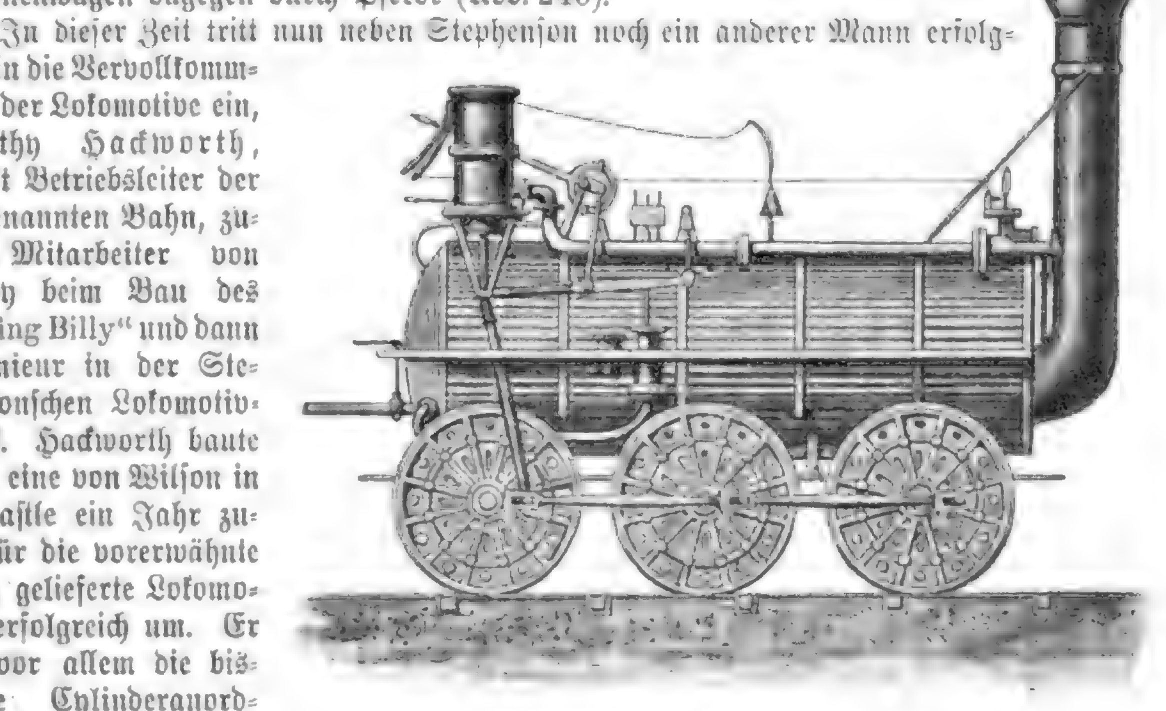
den Kessel eingebaut und treibt ein jeder von ihnen durch Gestänge unmittelbar die beiden Räder je einer Achse an, eine Anordnung, die für den Dampf- und Kohlenverbrauch höchst nachteilig war. Denn nun mußte der Zwischenraum zwischen der Endstellung des Kolbens und dem Cylinderdeckel verhältnismäßig groß genommen werden, damit bei dem während des Fahrens infolge der Federschwingungen veränderlichen Abstand des Kessels gegen die Radkurbeln die Kolben nicht gegen die Deckel stießen und diese nebst den Cylindern zertrümmerten. Infolge dieses mehrere Zentimeter hohen „schädlichen Raumes“ war aber der Dampfverbrauch bei einem Kolbenspiel ganz ungewöhnlich groß. Heutigestags kann man bei der wagerechten Cylinderlage den Abstand zwischen Kolben und Deckel bis auf wenige Millimeter beschränken und derart den Dampfverbrauch sehr herabmindern.

*) Sie ist der Nachwelt erhalten geblieben und steht jetzt auf kräftigem Steinsockel als Denkmal ihres Schöpfers und der damaligen Werdezeit des Eisenbahnwesens in der durch Abb. 192 veranschaulichten Art vor dem Bahnhofe zu Darlington. Auch das alte Stationsgebäude, an dem einst die ersten Eisenbahnzüge abgefertigt wurden, ist noch erhalten geblieben. Einstöckig, klein und unscheinbar ist dieses älteste Bahnhofsgebäude der Welt, nicht größer als unsere heutigen mit einer Familienwohnung vereinigten Bahnwärterhäuser.

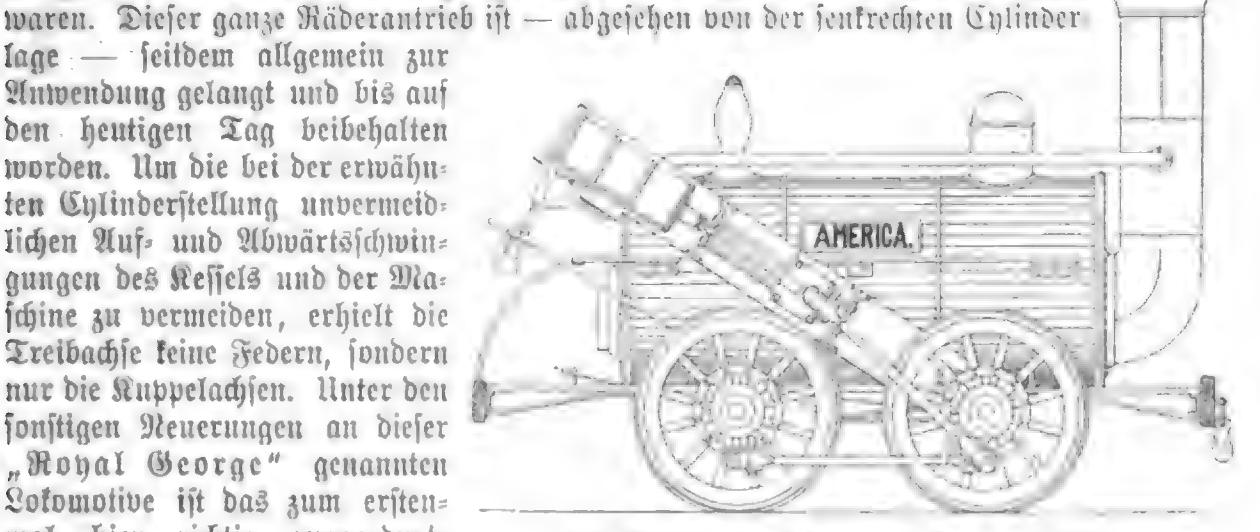
Digitized by Google

Die Lokomotive des Jahres 1825 zeigte sonach noch zwei grobe Übelstände im Betriebe: sehr geringe Dampfentwickelung und sehr großen Dampfverbrauch. Sie war daher eben nur für geringe Fahrgeschwindigkeit brauchbar. Thatsächlich wurden denn auch auf der im Herbst 1825 eröffneten Stockton-Darlingtonbahn bis zum Jahre 1830 nur die Güterzüge durch Lokomotiven befördert, die eine größere Geschwindigkeit erfordernden Personenwagen dagegen durch Pferde (Abb. 240).

In dieser Zeit tritt nun neben Stephenson noch ein anderer Mann erfolgreich in die Vervollkommnung der Lokomotive ein, Timothy Hackworth, derzeit Betriebsleiter der letztgenannten Bahn, zuvor Mitarbeiter von Hedley beim Bau des „Puffing Billy" und dann Ingenieur in der Stephensonschen Lokomotivfabrik. Hackworth baute 1827 eine von Wilson in Newcastle ein Jahr zuvor für die vorerwähnte Bahn gelieferte Lokomotive erfolgreich um. Er gab vor allem die bisherige Cylinderanordnung oben auf dem Kessel auf und brachte nach Abb. 193 die Cylinder zu beiden Seiten des letzteren an, derart, daß sie vereint nur eine Radachse antrieben und zwar mit rechtwinklig versetzten Kurbeln. Das war ein wichtiger Fortschritt. Um sodann das ganze Lokomotivgewicht für die Zugkraft ausnutzen zu können, verband er die übrigen vier Räder mit den beiden Treibrädern durch Kuppelstangen, deren Köpfe der Abnutzung wegen mit nachstellbaren Lagern versehen waren. Dieser ganze Räderantrieb ist — abgesehen von der senkrechten Cylinderlage — seitdem allgemein zur Anwendung gelangt und bis auf den heutigen Tag beibehalten worden. Um die bei der erwähnten Cylinderstellung unvermeidlichen Auf- und Abwärtsschwingungen des Kessels und der Maschine zu vermeiden, erhielt die Treibachse keine Federn, sondern nur die Kuppelachsen. Unter den sonstigen Neuerungen an dieser „Royal George" genannten Lokomotive ist das zum erstenmal hier richtig angeordnete Blasrohr, die Seele des Lokomotivkessels, besonders zu erwähnen. Dasselbe besaß bereits eine trichterförmig verengte Mündung — angeblich von Gurney 1826 zuerst an einer Straßenlokomotive bezw. Dampfdroschke angewandt — und lag genau in der Mitte des Schornsteinquerschnitts. Nur bei solcher Lage und Form kann es, wie in der Einleitung dieses Abschnitts dargelegt wurde, richtig wirken. Stephenson war dieses noch unbekannt. Er führte zwar, wie es Trevithik 1804 schon gemacht hatte, den Abdampf in den Schornstein, allein nach



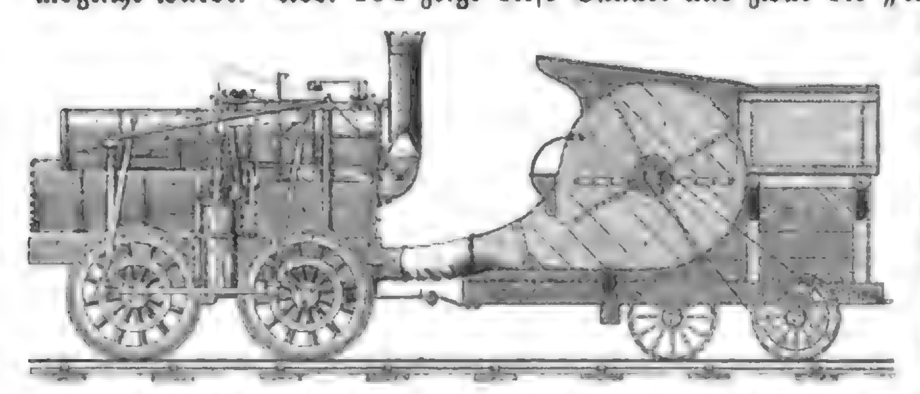
193. Lokomotive „Royal George", 1827.



194. Stephensons Lokomotive „America", 1828.

Colburns Angaben mittels zwei Röhren, deren Mündungen ganz einseitig in dem viel zu weiten Schornsteinrohre saßen, welch mangelhafte Anordnung sogar noch bei seiner späteren Preislokomotive „Rocket“ zu finden war. Die Leistungsfähigkeit des „Royal George“, sowohl was Geschwindigkeit als geförderte Wagenlast anbetrifft, war denn auch eine größere als die der Stephensonschen Lokomotiven, von denen vier auf der Stockton-Darlingtonbahn liefen. (Eine hiervon explodierte im Jahre 1828 infolge nachlässiger Wartung durch den Heizer.) Kein Wunder, daß die Hackworthsche Bauart wegen ihrer Vorzüge Nachahmung in anderen englischen Fabriken fand, vermochte doch der „Royal George“ auf wagerechter Strecke gegen 130 000 kg mit 8 km Stundengeschwindigkeit zu ziehen. Er that bis zum Jahre 1842 Dienst. Ein Modell dieser Lokomotive, das T. Hackworth vor dem Umbau anfertigte, befindet sich seit 1898 in dem South-Kensington-Museum, dem es die Familie jenes unermüdlichen Erfinders überlassen hat.

Anfang 1828 hatte G. Stephenson die Leitung seiner Fabrik in Newcastle seinem einzigen, 1803 geborenen Sohne Robert übertragen, der von 1825—1827 in technischen Betrieben Amerikas thätig gewesen war. Dieser wandte bei den im Jahre 1828 von ihm gebauten Lokomotiven den Hackworthschen Achsenantrieb an, gestaltete ihn aber dadurch etwas günstiger, daß er die Dampfcylinder geneigt legte, wodurch der schädliche Raum und damit der Dampfverbrauch etwas verringert und die Federung der Treibachse ermöglicht wurde. Abb. 194 zeigt diese Bauart und zwar die „America“, die 1828 nach Nordamerika geliefert wurde. Die Abbildung ist „The Engineer“ 1898 entnommen und nach einer alten Arbeitszeichnung der Stephensonschen Fabrik gefertigt. Die Räder sind hier von Holz mit Eisenbeschlag. Sonst wurden auch in einem Stück gegossene gußeiserne Räder verwendet, bis Wood 1827 die schmiedeeisernen Radreifen erfand, die nicht nur viel widerstandsfähiger gegen Stöße als die gußeisernen Laufflächen waren, sondern sich auch, wenn abgenutzt, leicht ersetzen ließen. Heutigestags werden diese Reifen aus dem weit härteren und zäheren Stahl gefertigt, vergl. hierüber näheres im Abschnitt „Güterwagen“. Ein Vergleich der Abb. 194 u. 196 zeigt, daß die „America“ den Übergang zu der ein Jahr später erbauten „Rocket“ bildet. In der Leistung stand sie dieser aber wegen zu geringer Dampfentwickelung noch nach, wozu ihr 510 mm weiter, dabei zu niedrig gehaltener Schornstein nicht wenig beitrug. Die Heizfläche war allerdings wesentlich größer als sonst, indem 2 Flammrohre im Kessel lagen.



195. Séguins des Älteren Lokomotive mit Röhrenkessel und Gebläse, 1829/30.

Durch mangelhafte Dampfentwickelung zeichneten sich noch zwei Lokomotiven aus, die Stephenson im Sommer 1829 für die Lyon-St. Etiennebahn nach Frankreich geliefert hatte. Nach Clark soll hier sogar die Einführung des Abdampfes in den Schornstein unterblieben sein. Ihre Fahrgeschwindigkeit ließ sich nicht über etwa 6 km in der Stunde steigern. Sie entsprachen darum auch nicht den Erwartungen ihrer Besteller. Marc Séguin, Ingenieur dieser französischen Bahn, baute ihren Kessel nach einem eigenen, Anfang 1828 für stationäre Dampfkessel genommenen Patente um. Er ersetzte die großen Flammrohre durch eine Anzahl enger, den Kessel durchziehender Heizröhren und legte die vom Wasser umspülte Verbrennungskammer, die er bei seinem stationären Kessel — in Mauerwerk ausgeführt — vor den Langkessel stellte (Abb. 199), hier unter denselben. Die Feuergase mußten nun nach Bestreichen der unteren Kesselfläche dieses Röhrenbündel durchziehen, das im Verein mit der Wasserkammer eine wesentlich größere Heizfläche darbot, als die Flammrohre. Da die engen Röhren ferner weit dünnwandiger sein konnten, als die letzteren, so gaben sie auch die Wärme schneller an das jedes Rohr

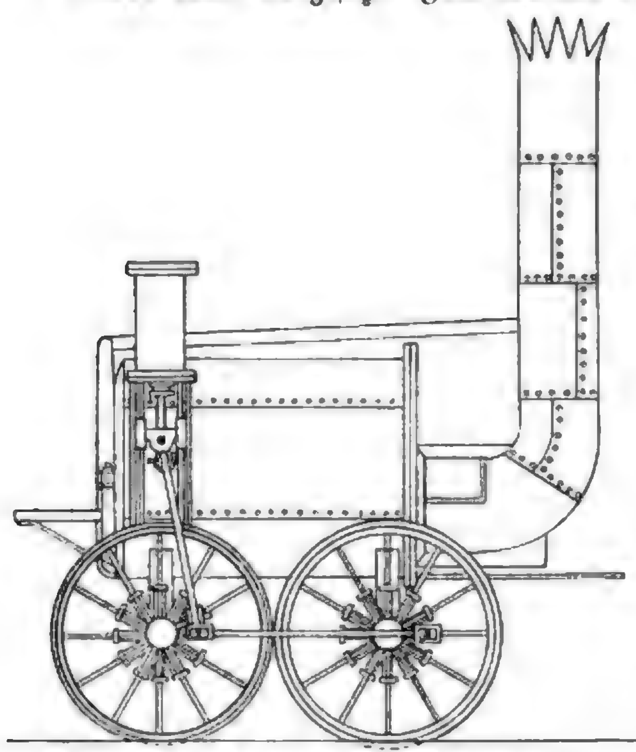
einhüllende Kesselwasser ab. Die Dampfentwickelung des „Röhrenkessels“ mußte also bei genügender Zugwirkung des Schornsteins eine wesentlich bessere sein als die des Flammrohrkessels; mithin konnte auch die Fahrgeschwindigkeit bei seiner Benutzung gesteigert werden. Um den nötigen Luftzug für die Verbrennung zu erzeugen, der bei den Röhrenbündeln noch kräftiger sein mußte als bei dem Flammrohr, stattete Séguin die Lokomotive mit einem auf dem Tender angebrachten und von der hinteren Radachse angetriebenen Kreiselgebläse aus, das die Luft in die Rostspalten einblies (Abb. 195). Dasselbe wurde jedoch bald durch das Blasrohr ersetzt, das Pelletan unabhängig von Hackworth in Frankreich erfunden haben soll, wie Loblet in seinem Buche „Des Chemins de France“ 1845 angibt. Die Erfindung des Blasrohrs wird sonach für Trevithik, Hedley, Gurney, Hackworth, G. Stephenson und Pelletan beansprucht! So gut auch dieser Séguinsche Kessel in seiner Wirkung war, so wenig geeignet war dessen Lokomotivmaschine. Die Cylinder saßen senkrecht an der Kesselseite und übertrugen ihre Arbeit auf die Treibachse durch ein Gewirre von Hebeln und Stangen. Für dauernde Schnellfahrten war deshalb auch diese Lokomotive ungeeignet, aber sie lehrte, daß Röhrenkessel und Blasrohr zwei unzertrennliche Bestandteile der Lokomotive sind. Nur deren gleichzeitige Anordnung im Verein mit einer einfach gehaltenen Maschine kann allein die Lokomotive lebensfähig machen, wie auch beide Stephenson noch erkennen sollten. Die Gelegenheit hierzu bot die Betriebseröffnung der Liverpool-Manchesterbahn.

196. Robert Stephensons Preislokomotive „Rocket“, 1829. Nach „Engineering“.

G. Stephenson war auf Grund seiner erfolgreichen Thätigkeit beim Bau der Stockton-Darlingtonbahn 1826 zum leitenden Ingenieur der zu erbauenden 48 km langen Bahn von Manchester nach Liverpool mit einem Jahresgehalt von 20 000 Mk. berufen worden, in welcher verantwortungsreichen Stellung er eine höchst verdienstvolle Thätigkeit entwickelte. Zum Befördern der Materialzüge während des Baus dieser Linie hatte seine Fabrik auf Bestellung eine Lokomotive geliefert. Die an dieser gesammelten Erfahrungen sprachen aber nicht zu gunsten der allgemeinen Einführung des Lokomotivbetriebes. Die Direktoren der Bahn hatten deshalb, bestärkt durch ein von 2 hervorragenden Ingenieuren eingeholtes Gutachten über die beste Betriebsart ihrer Linie, in Aussicht genommen, die Züge durch 21 an verschiedenen Stellen der Bahn aufgestellte stehende Dampfmaschinen mittels Seiltriebes befördern zu lassen. Eine derartige Betriebsweise stand auf einigen Kohlenbahnen mit gutem Ergebnis in Anwendung und gestattete die Wagenzüge doppelt so rasch zu befördern, wie es bei den damaligen Lokomotiven der Fall war. Auf G. Stephensons Bemühungen hin erließ jedoch die Bahnverwaltung vor ihrer endgültigen Entscheidung ein öffentliches Preisausschreiben auf eine geeignete Lokomotive. Dieselbe sollte nicht über 6 t engl. = 6096 kg wiegen, bis zu einem Gewicht von 4570 kg auf 4, darüber hinaus auf 6 Rädern ruhen, das dreifache ihres Eigengewichtes mit 16 km Stundengeschwindigkeit zu ziehen vermögen, auf Federn ruhen, einen Kesseldruck von höchstens $3^1/_2$ Atmosphären besitzen und ihren Rauch selbst verzehren. Letzteres war in der ge-

Digitized by Google

setzlichen Genehmigungsurkunde der Bahn bereits vorgeschrieben. Die Ablieferung mußte zum 1. Oktober 1829 in Liverpool bewirkt sein, und die Beschaffungskosten durften 11000 Mark nicht überschreiten. Für die beste Lokomotive war ein Preis von 10000 Mark ausgesetzt. Zum Wettbewerb wurden 5 Lokomotiven angemeldet, von denen 4 rechtzeitig erschienen und 3 zugelassen wurden. Es waren dieses die: „Rocket“ (Rakete) von Robert Stephenson in Newcastle*), „Sanspareil“ (die Unvergleichliche) von Hackworth in Darlington, „Novelty“ (Neuheit) von Braithwaite und Ericsson in London. Die äußere Ansicht dieser drei denkwürdigen Lokomotiven ist in den Abb. 196 bis 198 wiedergegeben. Die „Rocket“ und „Sanspareil“ waren mit besonderem Tenderwagen für Koks- und Wasservorräte ausgestattet, die „Novelty“ dagegen führte dieselben auf ihrem Gestell mit sich, den Koks in Körben, das Wasser in einem unten am Gestell befestigten Behälter. Sie war also eine Tenderlokomotive. Ihre Maschine war wenig glücklich durchgeführt. Die beiden Dampfcylinder standen aufrecht und übertrugen in umständlicher Weise durch Winkelhebel und Stangen ihre Arbeit auf die am Feuerraum gelegene Achse. Die Anfachung des Feuers erfolgte durch ein in dem vorderen Behälter der Abb. 198 befindliches Gebläse. Auch die „Sanspareil“ hatte senkrechte Cylinder, während die der „Rocket“ unter 45° Grad geneigt waren. Die letztere allein besaß auch Röhrenkessel, den Stephenson auf Anraten von Booth, Sekretär der Liverpool- und Manchesterbahn, gewählt hatte. Ob Stephenson oder Booth von der Séguinschen 1 Jahr zuvor durch die Patentschrift veröffentlichten Erfindung Kenntnis gehabt haben, ist unbekannt**). Es zeigt aber die Anordnung des vor den Langkessel gesetzten Feuerraumes bei der „Rakete“ Vorzüge gegenüber Séguins Bauart, Vorzüge, die die Beibehaltung ihres Grundgedankens auch bei den heutigen Lokomotiven größter Art zur Folge gehabt haben.



197. Hackworths Lokomotive „Sanspareil“, 1829.

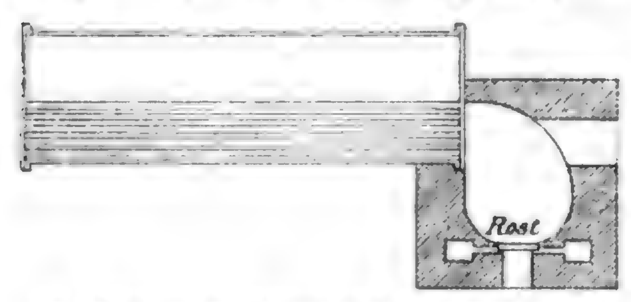
198. Braithwaites und Ericssons Lokomotive „Novelty“, 1829.

Einen senkrecht durch den Verbrennungsraum der „Rakete“ geführten Schnitt gibt Abb. 201 wieder. Wir erkennen darin die zwei kistenartigen, übereinander gestülpten Kesselteile; die innere, unten durch den Rost abgeschlossene „Feuerbüchse“ (englisch

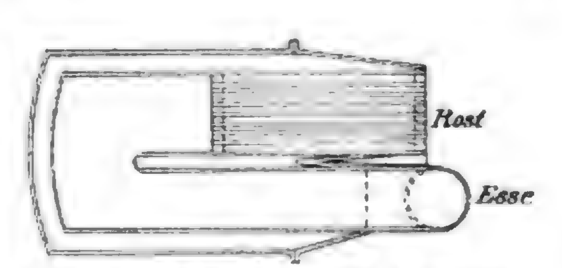
*) Nach Ausweis der noch erhaltenen Geschäftsbücher sind in Stephensons Fabrik von 1824 bis Oktober 1829 19 Lokomotiven erbaut worden; die 19. war die weltgeschichtliche „Rakete“.

**) Die Erfindung des Röhrenkessels ist seiner Zeit viel umstritten und erörtert worden. Die ältesten Ansprüche hat der Amerikaner Nathan Read, der 1791 ein Patent auf einen Röhrenkessel in seinem Vaterlande nahm. Die Bauart weicht jedoch erheblich von der Séguinschen und

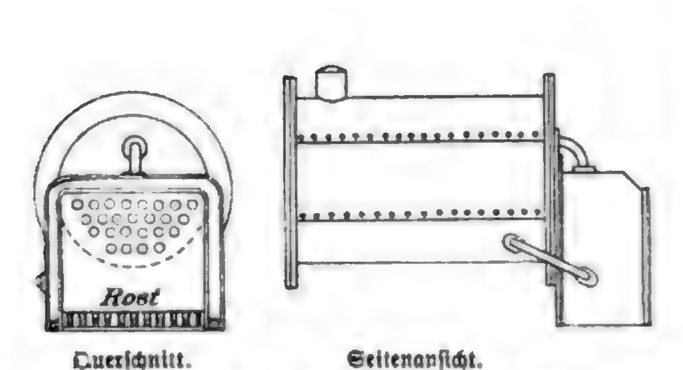
fire-box) und die äußere „Feuerkiste". In dem schmalen Zwischenraum beider befindet sich Wasser, das infolge seiner dünnen Schicht durch die heiße Feuerluft schnell zum Sieden gebracht werden kann, während der von 25 kupfernen Heizröhren (von 76 mm Durchmesser) durchsetzte, 1,8 m lange Langkessel die Dampfentwickelung äußerst wirksam unterstützt. Der Wasserraum des Langkessels stand mit demjenigen der Feuerkiste allerdings nur durch 2 Röhren in Verbindung, wie in der Abb. 201 erkennbar ist. — Die wagerechte Probestrecke bei Rainhill war 2,4 km lang und sollte in jeder Richtung zwanzigmal durchfahren werden, entsprechend der Entfernung zwischen Manchester und Liverpool (48 km). Die Versuche begannen am 6. Oktober 1829, jedoch war nur die „Rakete" betriebsfähig, da an den beiden anderen Lokomotiven sich kleine Schäden gezeigt hatten. Jene wurde mit zwei durch Steine beschwerten Wagen belastet und erfüllte alle Bedingungen an diesem Tage. Die „Novelty" fuhr am 10., die „Sanspareil" am 13. Oktober; beide konnten aber wegen



199. Stationärer Röhrenkessel von Séguin, 1828.

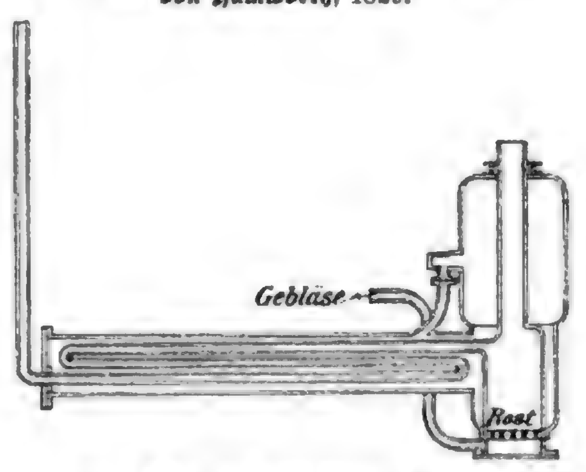


200. Kessel der Lokomotive „Sanspareil" von Hackworth, 1829.



Querschnitt. Seitenansicht.

201. Röhrenkessel der Lokomotive „Rocket" von Stephenson, 1829.



202. Kessel der Lokomotive „Novelty" von Braithwaite und Ericsson, 1829.

plötzlich eintretender Beschädigung der Kesselspeisepumpe die Fahrten nicht vollenden. Hackworths Lokomotive hatte (nach Colburn) zudem noch das Mißgeschick, daß einer ihrer Dampfcylinder eine Fehlstelle besaß, durch die der einströmende Dampf unmittelbaren Ausgang in das Ausblaserohr und damit in den Schornstein fand. Die Cylinder waren aus der Stephensonschen Fabrik bezogen, waren hier fünfmal beim Gießen mißlungen und auch die abgelieferten waren nicht fehlerfrei, wie sich beim Probefahren zeigte.

Stephensonschen ab. In einem 1870 in New York von einem Verwandten Reads herausgegebenen Buche über dessen Verdienste um den Röhrenkessel wird nirgends erwähnt, daß jener je einen solchen Kessel ausgeführt hat. Am 14. März 1826 erhielt der englische Ingenieur Neville ein Patent auf einen Röhrenkessel mit senkrecht stehenden Heizröhren, die aber nach der Patentschrift unter Umständen auch wagerecht oder geneigt eingebaut werden sollten. Am 22. Februar 1828 wurde Séguin das französische Patent erteilt. In des letzteren Patentschrift heißt es u. a: „Diese unsere Erfindung besteht, wie aus der Zeichnung (Abb. 199) ersichtlich, in der Anwendung einer größeren oder kleineren Zahl von Röhren, durch welche die heiße Feuerluft zieht. Diese Röhren sind von Wasser umgeben und bieten eine sehr ausgedehnte Heizfläche dar." Im Sommer 1829 baute R. Stephenson auf Anraten Booths den Röhrenkessel seiner Preislokomotive, bei dem die Verbrennungskammer die gleiche Lage zum Langkessel hat wie beim Séguin-Kessel der Abb. 199. Die Engländer halten Booth, einen Nichttechniker, für den Erfinder dieser Kesselbauart.

Infolgedessen war auch der Koksverbrauch der „Sanspareil" ungewöhnlich groß. Dennoch zeigte sich diese, solange sie fahren konnte, in Bezug auf Leistungsfähigkeit der „Rakete" mindestens ebenbürtig. Ihre Dampfentwickelung war trotz der kleineren Heizfläche um etwa $^1/_3$ größer als die der letztgenannten Lokomotive. Auch die „Novelty" erfüllte, solange sie fuhr, die Bedingungen. Sie fand wegen ihrer zierlichen Bauart sogar die meisten Anhänger, aber „Rocket" allein hatte von Anfang an genügt. Ihr wurde der Preis zuerkannt und dieser von den Direktoren je zur Hälfte an R. Stephenson und an Booth ausgezahlt. — Nach diesen Probefahrten ersetzte Stephenson die beiden einseitigen Ausblasemündungen der Abdampfröhren durch ein nach Art der „Sanspareil" angeordnetes Blasrohr. Dessen Wirkung steigerte die Dampfentwickelung so sehr, daß die „Rakete" nunmehr das dreifache wie vordem zu leisten vermochte. Auch „Sanspareil" und „Novelty" erzielten später nach gründlicher Ausbesserung höhere Leistungen als am Rainhiller Tage, wie nachstehende Übersicht lehrt.

203. Hackworths Lokomotive „Globe", 1830.
(Darunter die doppeltgekröpfte Treibachse.)

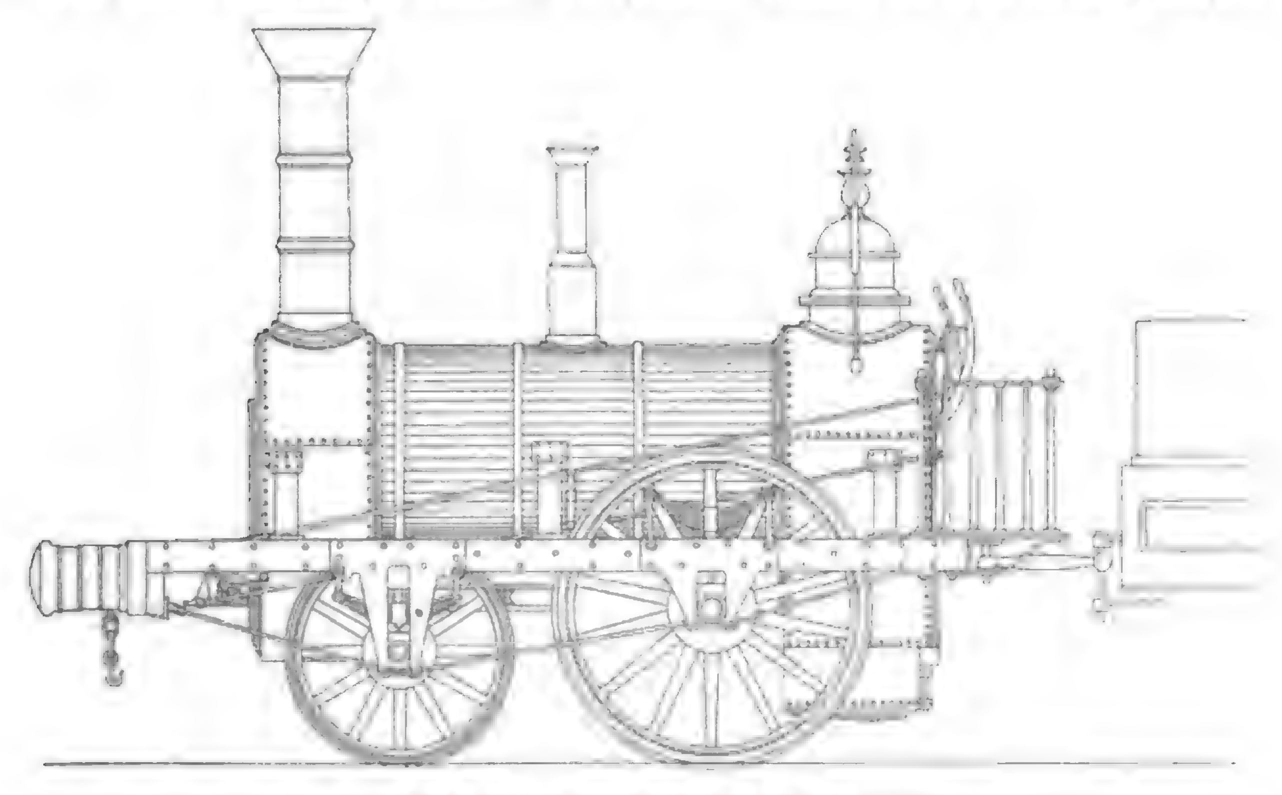
Lokomotive		Heizfläche qm	Rostfläche qm	Dampfcylinder Durchmesser mm	Dampfcylinder Hub mm	Treibraddurchmesser mm	Gewicht ohne Tender (betriebsfähig) kg	Auf ebener Strecke: durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit km	Auf ebener Strecke: beförderte Wagenlast einschl. des Tenders kg
Rocket:	ursprünglich	12,8	0,54	203	419	1435	4572	22,2	12 954
	mit richtigem Blasrohr	"	"	"	"	"	"	21,6	40 640
Sanspareil:	ursprünglich	8,13	0,90	178	457	1372	4850	22,3	14 478
	später	"	"	"	"	"	"	16,1	60 960
Novelty:	ursprünglich	3,88	0,16	152	305	1270	2743	24,1	8 128
	später	"	"	"	"	"	"	12,9	28 956

Nach der Entscheidung der „Lokomotivschlacht", wie die Engländer gern das Wettfahren bei Rainhill nennen, wurden seitens der Verwaltung der Liverpool-Manchesterbahn 8 Lokomotiven, darunter „Northumbrian" (S. 204), der Stephensonschen Fabrik in Bestellung gegeben. Sie erhielten bereits eine Rauchkammer und 80 bis 90 Feuerrohre von 51 mm Weite, was die Heizfläche auf 28 qm hob. Ferner wurden die Dampfcylinder etwas flacher geneigt, als bei der „Rakete", um die bei letzterer während einer jeden Radumdrehung auftretenden heftigen Federschwingungen zu ermäßigen und eine ruhigere Gangart bei höherer Fahrgeschwindigkeit herbeizuführen, woran es jene noch sehr fehlen ließ.

Auch Hackworth arbeitete alsbald einen neuen Entwurf für eine Personenzuglokomotive aus. Nach Colburn übergab er ihn am 3. März 1830 der Fabrik von Stephenson & Co. zur Ausführung. Die Anordnung dieser Lokomotive, „Globe" genannt, ist für den Lokomotivbau von maßgebender Bedeutung geworden. Die Dampfcylinder waren wagerecht unter den Kessel und innerhalb der Räder gelegt, so daß die Treib-

achse nach Abb. 203 zweimal (unter 90° versetzt) gekröpft werden mußte. Auch war der Kessel mit einem erhöhten Dampfraum, dem „Dom“, ausgestattet, um trocknen Dampf für die Cylinder zu erhalten. Die wagerechte Lage der Cylinder ist die allein zweckmäßige und seitdem die allgemein übliche, von einer ganz schwachen Neigung bei einzelnen Lokomotivarten abgesehen. Die „Innencylinder“ sind noch heutigestags in England vorherrschend, während bei uns und anderswo „Außencylinder“ beliebt sind. Auch der Kesseldom ist unentbehrlich geblieben. — Der „Globe“ soll häufig eine Fahrgeschwindigkeit bis zu 80 km i. d. Stunde erreicht haben, was für damalige Verhältnisse außerordentlich hoch ist.

R. Stephenson baute 1830 die neunte Lokomotive für die Liverpool-Manchesterbahn, den „Planet“*). Dieselbe trat am 4. Oktober 1830 auf der genannten Bahn in Dienst und besaß alle bis dahin erzielten Verbesserungen: Röhrenkessel, Blasrohr, wagerecht liegende Innencylinder, Dampfdom u. s. w. Die Heizfläche war auf 38 qm gewachsen, das Dienstgewicht (Eigengewicht nebst Brennstoff auf dem Rost, Wasser mit Kessel) auf 9145 kg (ohne Tender). Der „Planet“ zeichnete sich durch Leistungsfähigkeit



204. Rob. Stephensons Lokomotive „Planet“, 1830.

aus und wurde vorbildlich für andere Fabriken. Abb. 204 zeigt eine nach ihm erstellte Lokomotive, aus der wir unschwer schon die heutige Form erkennen**). **Hiermit schließt der erste Entwickelungsabschnitt der Lokomotiven.** Was nun kommt, ist ein ferneres Weiterbilden und Verbessern auf Grund der nach und nach gewonnenen Erfahrungen und die Einführung neu erdachter Lokomotiv-Einzelheiten.

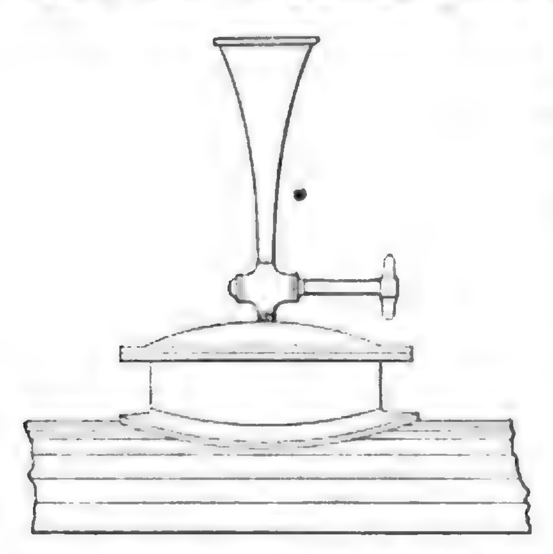
Auch „Rocket“ und „Planet“ stellen, wie man aus vorstehenden Ausführungen ersieht, nur eine Stufe in dem Entwickelungsgange der Lokomotive dar. Die vielfach angetroffene

*) Während alle älteren englischen Schriftsteller die Priorität der wagerechten Cylinderlage Hackworth zuerkennen, ist neuerdings (Engineering 1894 S. 295) Stretton mit der Ansicht hervorgetreten, daß zuerst Stephenson diese Anordnung und zwar beim „Planet“ und nach ihm dann Hackworth beim „Globe“ angewendet habe. Die in Abb. 204 nach Colburn dargestellte Bauart des „Planet“ ist auch von Pouillet und le Blanc im „Portefeuille industriel“ 1834 in ausführlichen Zeichnungen veröffentlicht. Im Gegensatz hierzu besagt Engineering 1894, die Radachsen hätten oberhalb des (hölzernen und mit Eisenblech verkleideten) Rahmens gelegen.

**) Die erste, 1835 für die Nürnberg-Fürther Bahn von Stephenson gelieferte Lokomotive „Adler“ glich noch ganz dem „Planeten“, nur war bei ihr die Feuerkiste etwas länger bemessen und unter dem Führerstande lag eine zweite Laufachse (vergl. Abb. 52 im ersten Abschnitt).

Ansicht, daß die „Rakete" das fast alleinige Verdienst Stephensons sei, entspricht nicht den Thatsachen, und wenn der um das Eisenbahnwesen und dessen Litteratur verdienstvolle Max Maria von Weber vom Tage von Rainhill sagt: „Was von nun an geschah, das war Ausbildung, Vervollkommnung, Verstärkung, Entwickelung von Keimen, die fast alle schon in Stephensons großer Schöpfung lagen", so ist dem zu entgegnen, daß auch die „Rakete" nichts anderes war, als die Ausbildung und Entwickelung von Keimen, die größtenteils bereits von anderen Männern gepflanzt worden waren, die durch Stephenson weitergepflegt und veredelt, später dann zur Blüte getrieben wurden. G. und R. Stephensons Verdienst ist die Beseitigung der Zahnräder (1815) und die Benutzung des Röhrenkessels (1829) in Verbindung mit einer einfach gehaltenen Maschine. Séguins Maschine und Hackworths Kessel waren wesentlich gesteigerten Leistungen nicht anpassungsfähig, das war nur der Röhrenkessel des ersteren und die Maschine des letzteren. Die beiden Stephensons erkannten diese einzelnen Vorzüge, brachten sie vereint zur Anwendung und schufen damit die Grundlage unseres heutigen Lokomotivbaues.

Mit innerster Berechtigung durfte daher auch R. Stephenson selbst später aussprechen: „Die Lokomotive ist nicht die Erfindung eines einzelnen, sondern die einer Nation von Ingenieuren".



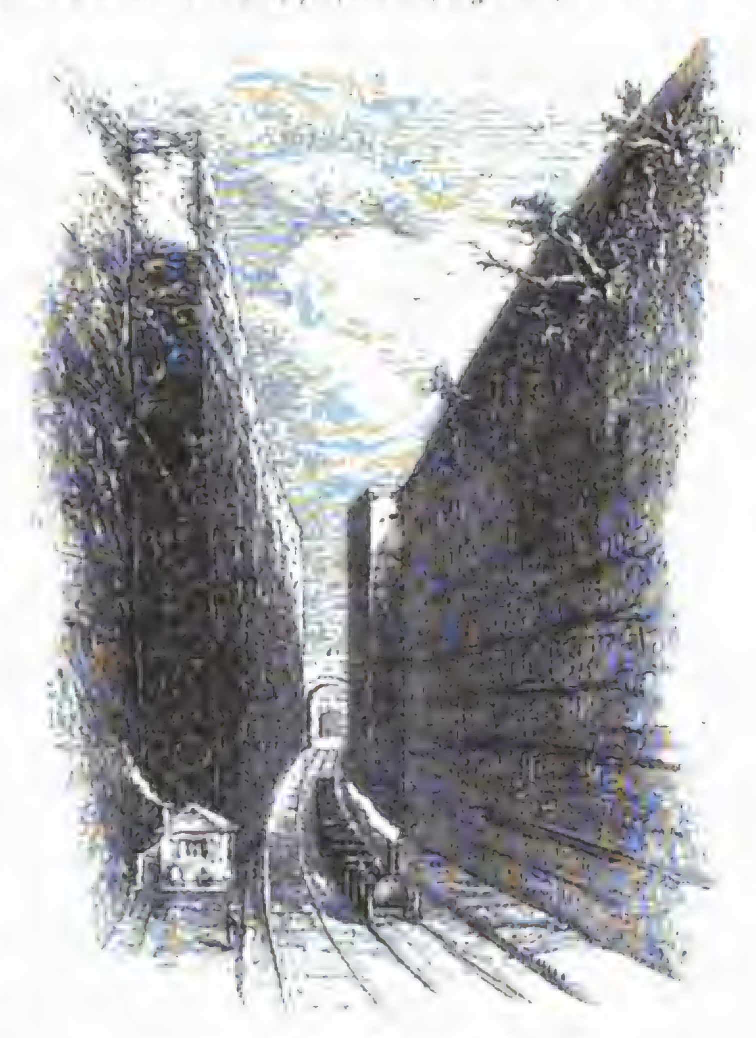
205. **Dampftrompete (1833), Vorläufer der Dampfpfeife.** Zuerst angewendet bei der Lokomotive „Samson" (England).

Die beiden Rainhiller Lokomotiven „Rocket" und „Sanspareil" haben übrigens noch lange Jahre Dienste gethan, die erstere als Lokomotive, die letztere als Betriebsmaschine für Pumpen- und Förderzwecke in dem Kohlenbergwerk von J. Hargreaves. Beide ehemaligen Wettbewerberinnen stehen neben dem „Puffing Billy" im South-Kensington-Museum zu London: ein sprechendes Beispiel für das Streben menschlichen Erfindungsgeistes, aber auch für das verschieden gestaltete Erfinderlos. Hedley ist fast vergessen. Hackworth mühte sich Jahre hindurch mit der Vervollkommnung der Lokomotive ab, ohne zu einem durchschlagenden Erfolge zu gelangen. Er, der in Bezug auf Lokomotiv-Neuerungen den Stephensons entschieden überlegen war und in dem Ersinnen und Ausbilden von Lokomotiv-Einzelteilen mindestens so viel wie jene geleistet hat, vermochte der Lokomotive nur einige, allerdings sehr ausgeprägte Züge zu verleihen, während die beiden Stephenson freilich sie lebensfähig gestalteten. Deren Verdienste liegen aber nicht allein auf dem Gebiete des Maschineningenieurs, sondern greifen stark auf dasjenige des Bauingenieurs über. Auf diesem haben beide Männer eine fruchtbare, nicht genug anzuerkennende Thätigkeit entfaltet. Namentlich hat die Bauausführung der Liverpool-Manchesterbahn den Namen G. Stephenson unvergeßlich gemacht. Große Schwierigkeiten technischer Art waren hier zu überwinden, viele Vorurteile zu besiegen und der Widerstand zahlreicher Personen zu brechen, die sich durch die Einführung der Eisenbahnen in ihrer wirtschaftlichen Lage bedroht glaubten, und die oftmals, namentlich beim Vermessen der Linie, offenen Widerstand den Bahnbediensteten entgegensetzten. Vor dem Parlamentsausschuß hatte Stephenson einen harten Kampf mit den einflußreichen Eisenbahngegnern zu bestehen, die dem Unternehmen namentlich aus den Kreisen der drei, den Verkehr zwischen Liverpool und Manchester beherrschenden Kanalgesellschaften erwuchsen. Doch jener beteiligte sich mit Ausdauer, Geschick und Erfolg erst an den Vorverhandlungen aller Art und führte dann den Bahnbau selbst durch. Am 15. September 1830 wurde die Linie dem öffentlichen Verkehr mit großem Gepränge übergeben.

In acht Festzügen, deren ersten G. Stephenson mit der Lokomotive „Northumbrian" fuhr, wurden etwa 600 Reisende, darunter der Herzog von Wellington und Sir Robert Peel, von Liverpool nach Manchester befördert, auf dem ganzen Wege von dichten Zuschauermengen freudig begrüßt. Hierbei ereignete sich ein beklagenswerter Unglücksfall. Einer der Festteilnehmer, das Parlamentsmitglied Huskisson, einer der eifrigsten Förderer dieser Bahnlinie, wurde in Parkside überfahren, nachdem er gerade mit dem im Wagen sitzen gebliebenen Herzog von Wellington einen Händedruck gewechselt hatte. Die Lokomotiven hatten derzeit noch keine Dampfpfeifen und konnten daher bei ihrer Annäherung kein weit hörbares Signal geben. G. Stephenson beförderte den Verunglückten mit dem „Northumbrian" in schnellster Fahrt nach seinem Wohnsitz, wobei die 24 km lange Strecke in 25 Minuten zurückgelegt wurde, das sind 58 km Stundengeschwindigkeit, ein Fahrergebnis, das damals in der Welt angestaunt wurde. — Die Dampfpfeife stand, soweit bekannt, im Jahre 1833 auf den Dow-

lais-Eisenwerken in Benutzung. Im Jahre 1835 wurde sie zum erstenmal an einer Lokomotive angebracht und ist seitdem das weltbekannte, wirksame Signalmittel aller Dampflokomotiven geblieben. Einige englische Lokomotiven jener Zeit besaßen allerdings eine sogenannte Dampftrompete nach Art der Abb. 205. Sie gab einen markerschütternden Ton. (Vergl. hierüber auch Abschnitt „Signalwesen.")

Musterleistungen bei dem Bau der Liverpool-Manchester Bahn sind die Durchquerung des über 6 km breiten Chat-Moores, die Anlage des unter Liverpool sich hinziehenden 2000 m langen Tunnels und der gewaltige Felseinschnitt bei Olive-Mount (Abb. 206*). Letzterer ist in einer Länge von mehr als 3000 m senkrecht in den Sandsteinfelsen geschnitten und über 30 m tief. Die Hauptschwierigkeit bereitete jedoch das tiefe Chat-Moor, das eine Unmenge von Schüttmaterial verschlang, ehe der Bahndamm festen Grund faßte und Gestalt annahm. Doch „Perseverance" war Stephensons Losungswort, mit dem er seine oft verzagenden Untergebenen anzufeuern verstand, und es gelang ihm schließlich, die von allen anderen Ingenieuren für unmöglich gehaltene Überschienung des Chat-Moores durchzuführen (vergl. Abb. 14). Diese Leistungen sind um so höher anzuschlagen, als damals fast jegliche Erfahrung in solchen Bausachen fehlte und ebenso die Hilfsmittel zu ihrer Durchführung, die heute dem bauleitenden Ingenieur durch die hochentwickelte Maschinentechnik so vielseitig und leistungsfähig an die Hand gegeben werden. G. Stephenson standen damals nur die Kenntnisse zur Verfügung, die er sich früher in den Kohlenbergwerken erworben. Nunmehr hatte er sich zum Altmeister der Ingenieurkunst emporgeschwungen. Er starb in Tapton-House am 12. August 1848 in Glanz und Reichtum und wurde nahe seinem Landgute in der Dreieinigkeitskirche zu Chesterfield begraben. Mehrere Denkmäler sind ihm gesetzt worden. — Sein Sohn Robert (gest. 1859), nachmals auch auf dem Gebiete des Brückenbaus bahnbrechend (vergl. S. 112 und Abb. 77), ruht in der Westminster-Abtei zu London, jener Ruhmeshalle Englands, die dem Andenken so vieler großer Männer jenes Volkes, wessen Berufs sie auch sein mögen, geweiht ist. In ihr haben neben den Herrscherfamilien Großbritanniens, inmitten von Feldherren, Staatsmännern und großen Naturforschern, auch die um ihr Vaterland so hochverdienten Ingenieure James Watt, Isambart Brunel, Robert Stephenson und Telford ihren Ehrenplatz gefunden. Die letzte und höchste Ehre, die das für vaterländische Verdienste stets dankbare englische Volk seinen hervorragenden Söhnen erweist, ist ein Grab und ein Denkmal in diesem Nationalheiligtum zu Westminster. Das große Marmorbildwerk von Watt, das nahe dem Grabmal der jungfräulichen Königin Elisabeth errichtet ist, trägt die vielsagende Inschrift: „James Watt, der Wohlthäter der Menschheit".



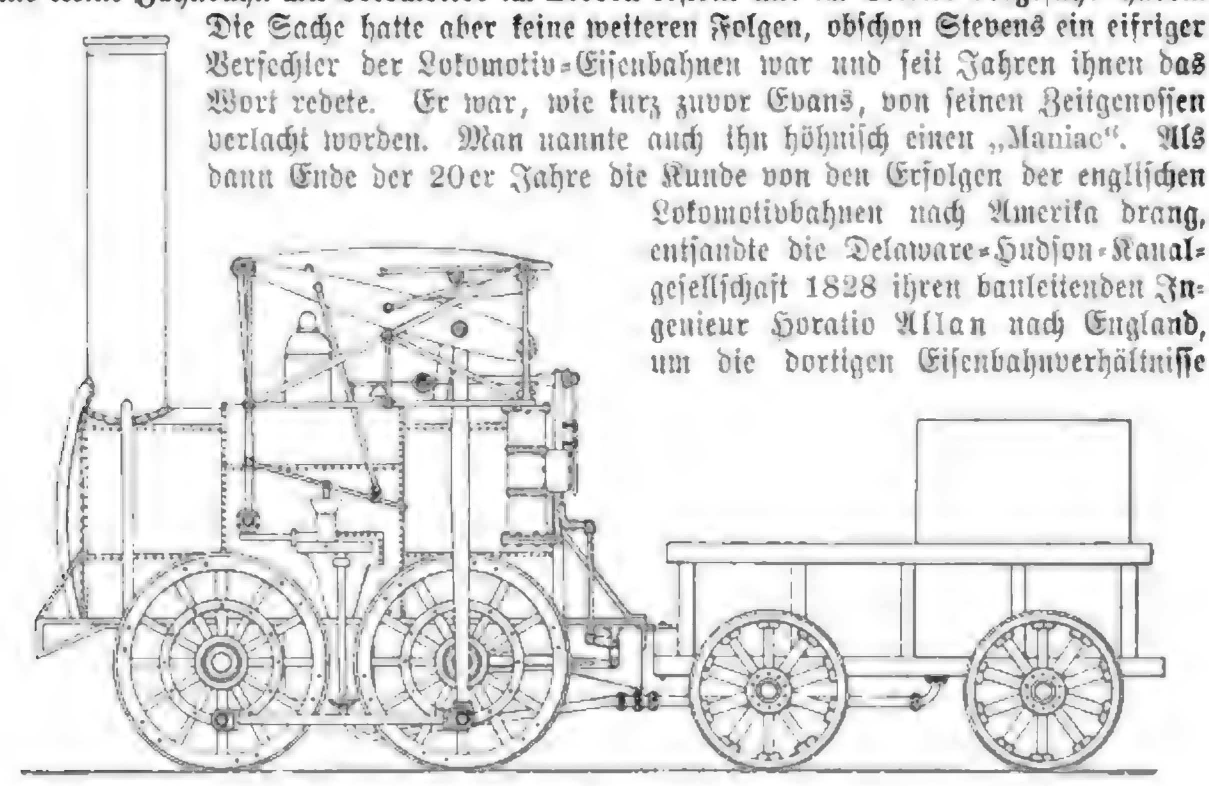
206. Olive-Mount-Einschnitt der Liverpool-Manchester Eisenbahn.

England versorgte in den nächsten Jahrzehnten die eisenbahnbauenden Länder mit Lokomotiven. Neben der Stephensonschen Fabrik entstanden dort bald weitere Lokomotivbauanstalten, die den immer größer werdenden Bedarf deckten.

Amerikanischer Lokomotivbau. Auch nach Nordamerika wurden in den Jahren 1828—1838, laut „Engineering" 1898, insgesamt 141 Lokomotiven verschiedener Bauart geliefert. Anfangs dienten diese den entstehenden amerikanischen Lokomotiv-

*) Nach Smiles, „Life of G. and R. Stephenson".

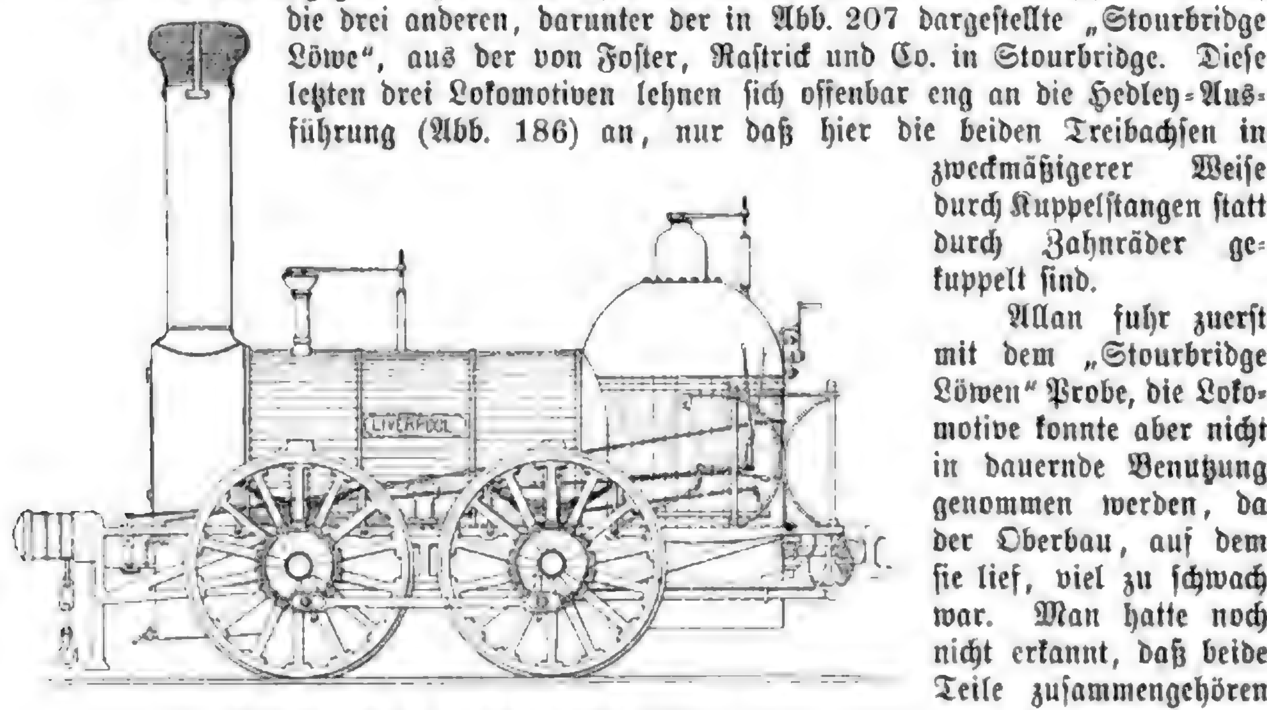
fabriken mehr oder weniger als Vorbild, sehr bald jedoch verfolgten die letzteren eine völlig selbständige Richtung. Schon 1825 soll John Stevens in Hoboken bei New York eine kleine Zahnbahn mit Lokomotive im Modell erstellt und im Betrieb vorgeführt haben. Die Sache hatte aber keine weiteren Folgen, obschon Stevens ein eifriger Verfechter der Lokomotiv-Eisenbahnen war und seit Jahren ihnen das Wort redete. Er war, wie kurz zuvor Evans, von seinen Zeitgenossen verlacht worden. Man nannte auch ihn höhnisch einen „Maniac". Als dann Ende der 20er Jahre die Kunde von den Erfolgen der englischen Lokomotivbahnen nach Amerika drang, entsandte die Delaware-Hudson-Kanalgesellschaft 1828 ihren bauleitenden Ingenieur Horatio Allan nach England, um die dortigen Eisenbahnverhältnisse



207. Lokomotive „Stourbridge Löwe", 1828.

zu studieren und Schienen nebst Lokomotiven für ihre Kohlen- und Güterbahnen anzukaufen. Allan erwarb vier Lokomotiven, eine davon, die oben bereits besprochene und in Abb. 194 wiedergegebene „America", stammte aus der Fabrik von R. Stephenson & Co., die drei anderen, darunter der in Abb. 207 dargestellte „Stourbridge Löwe", aus der von Foster, Rastrick und Co. in Stourbridge. Diese letzten drei Lokomotiven lehnen sich offenbar eng an die Hedley-Ausführung (Abb. 186) an, nur daß hier die beiden Treibachsen in zweckmäßigerer Weise durch Kuppelstangen statt durch Zahnräder gekuppelt sind.

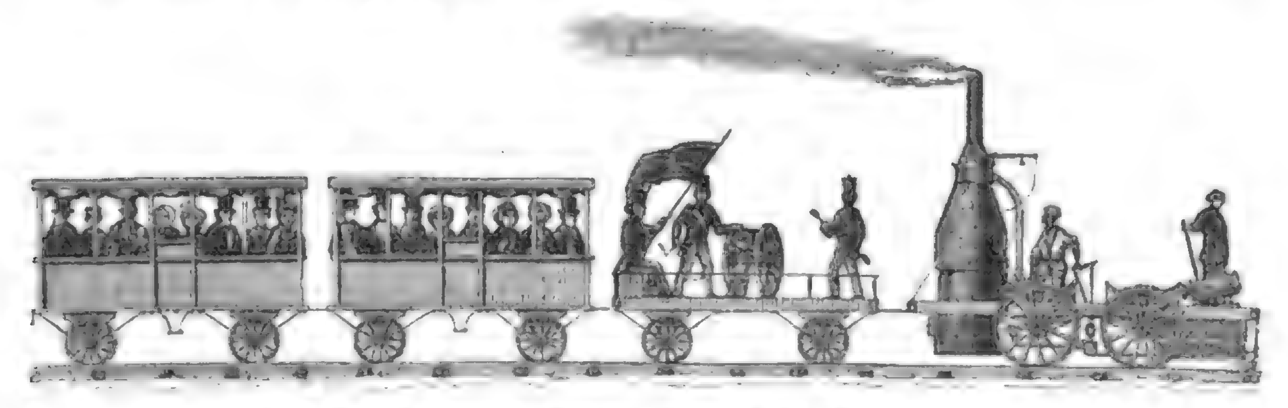
Allan fuhr zuerst mit dem „Stourbridge Löwen" Probe, die Lokomotive konnte aber nicht in dauernde Benutzung genommen werden, da der Oberbau, auf dem sie lief, viel zu schwach war. Man hatte noch nicht erkannt, daß beide Teile zusammengehören und einander angepaßt sein müssen nach dem heute allgemein gültigen Grundsatze: Je größer der Raddruck und je schneller die Fahrt, desto kräftiger das Gleis! Der „Löwe" trat nicht weiter in Thätigkeit, ebensowenig sein Schwesternpaar, er fand später Aufnahme in dem Washington-Museum. Die konstruktiv besser durchgebildete „America" wurde etwas später in Dienst gesetzt, krankte aber an



208. Lokomotive von Bury & Co., 1830.

dem erwähnten Dampfmangel. Auch manche der anderen nach Amerika gelieferten Lokomotiven, bei deren Bestellung keine Rücksicht auf den Gleisbau genommen war, konnte nicht in Betrieb genommen werden.

Die mangelhafte Gleisbeschaffenheit in Amerika beruhte teils auf Unkenntnis, teils auf Geldmangel. Bei dem Mißtrauen, das auch dort anfänglich den Eisenbahnen entgegengebracht wurde, waren die erforderlichen Kapitalien schwer zu beschaffen. Äußerste Einschränkung in allen Bausachen war daher geboten. Infolgedessen stellte man die Bahn so billig wie möglich her und legte lieber scharfe Gleiskrümmungen zur Umgehung von Hindernissen an, als daß man durch Kunstbauten, Einschnitte, Dämme u. s. w. eine zweckmäßigere Linienführung schaffte. Auf den Oberbau selbst, die Schienen und Schwellen, war wenig Sorgfalt verwendet. Größere Radbelastungen waren deshalb unzulässig, daher das erwähnte Versagen so mancher englischen Lokomotive und die Anordnung einer größeren Zahl von Rädern an den später in Amerika erbauten Lokomotiven. Wegen der scharfen Krümmungen war aber ein langer starrer Radstand, d. i. die Entfernung der beiden äußeren Radachsen voneinander, ausgeschlossen, man war gezwungen, zum Drehgestell zu greifen. Dieses war also eine notwendige Vorbedingung für den amerikanischen Eisenbahnbetrieb, und deshalb finden wir es drüben schon nach wenigen Jahren überall in Benutzung, bei Lokomotiven und bei Wagen.



209. Erste Fahrt der Lokomotive „The best friend of Charlestown“, 1830.

Unter den vorerwähnten nach Amerika gelieferten Lokomotiven sind mehrere Bauarten von unverkennbarem Einfluß auf den amerikanischen (und teilweise auch deutschen) Lokomotivbau gewesen; eine davon sei hier genannt.

E. Bury in Liverpool hatte 1830 eine neue Kesselform eingeführt, indem er die Feuerkiste nicht wie sonst vierseitig im Grundriß, sondern cylindrisch gestaltete und ihr eine kuppelartige Erhöhung gab, um den Dampfraum über der Feuerbüchse größer zu bemessen. Bury lieferte 20 Lokomotiven dieser Art an amerikanische und eine größere Zahl an englische Bahnen. Die cylindrische Feuerkiste hat zwar den Vorteil großer Steifigkeit, ist dafür aber schwieriger herzustellen und bietet auch eine kleinere Heizfläche dar. Dennoch war sie eine Zeitlang beliebt. Auch in Deutschland fand sie ausgedehnte und lange Anwendung. Abb. 208 zeigt nach „The Engineer“ die erste nach Amerika gesandte Bury-Lokomotive.

Stephenson & Co. in Newcastle lieferten 1831 eine geschichtlich gewordene Lokomotive an die Camden- und Amboybahn. Die Feuerkiste war hier auf Wunsch des Bestellers nach der vorgenannten Bauart cylindrisch und überhöht. In Amerika wurde diese „John Bull“ getaufte Lokomotive mehrfach abgeändert und that dann lange Jahre Dienst. Im Jahre 1876 erschien sie als Veteran des Eisenbahnwesens auf der Weltausstellung in Philadelphia, 1883 desgleichen auf der Eisenbahnausstellung in Chicago, bis sie endlich 1893 ihre denkwürdige Fahrt, trotz ihrer 62 Jahre noch unter eigenem Dampf laufend zur Weltausstellung in Chicago machte. Sie legte mit zwei Personenwagen alter Bauart die 1468 km lange Strecke von Jersey City nach Chicago in einer Woche, von Montag Vormittag (10 Uhr) bis Sonnabend Nachmittag (3 Uhr) zurück. Während der Ausstellung beförderte sie 50 000 Besucher derselben und dampfte nach Schluß der ersteren nach Washington, um im Staatsmuseum, in Nachbarschaft des „Stourbridge Löwen“, endlich die wohlverdiente Ruhe zu finden.

Die ersten in Amerika hergestellten Lokomotiven waren nur leichter Bauart. Peter Cooper führte um 1828 eine kleine Versuchslokomotive mit stehendem Kessel aus; ihm folgten noch andere Erfinder. Alle diese kleinen, oft höchst seltsamen Lokomotiven hatten keinen Erfolg. So baute noch um das Jahr 1830 E. Miller eine Lokomotive mit stehen-

dem Kessel. Sie trug den stolzen Namen „The best friend of Charlestown“ und ist in Abb. 209, welche Grothes „Industrie Amerikas“ entnommen ist, wiedergegeben. Ihre erste Fahrt war vom Sternenbanner und Kanonendonner begleitet. „Der beste Freund“ endete jedoch 1831 durch Kesselexplosion, die erste in Amerika, der leider später noch andere oft genug gefolgt sind. Im Jahre 1832 stellte der schon genannte Horatio Allan eine achträdrige Doppellokomotive, die „South Carolina“ in Betrieb. Sie fand zwar keine Nachahmung, wir erblicken aber bereits in ihr einen Vorläufer der Fairlielokomotive. John Jervis führte in dem gleichen Jahre die erste amerikanische Drehgestelllokomotive für die Mohawk- und Hudsonbahn aus, nachdem ein Jahr früher Roß Winans, wie Brown in seiner „History of the first Locomotive in America“ berichtet, Personenwagen mit Drehgestellen ausgerüstet hatte. (Der erste Vorschlag für Verwendung von Drehgestellen überhaupt bei Eisenbahnfahrzeugen rührt 1812 von den Gebr. Chapman her, wie oben nachgewiesen.) Nach Jervis' Zeichnungen bauten dann 1833 Stephenson und Co. mehrere Lokomotiven mit Drehgestell für die Saratoga- und Schenectadybahn. Auch andere englische Firmen haben um das Jahr 1833 Drehgestelllokomotiven nach Amerika geliefert.

Doch der 1831 mit Gründung der Baldwin-Lokomotivwerke in Philadelphia ins Leben gerufene einheimische Lokomotivbau, der anfangs zwar auch nach englischen Vorbildern sich richtete, wandelte nach kurzer Zeit eigene Pfade und schwang sich schnell zu einem blühenden Gewerbszweige empor. Die erste, hier 1831—32 gebaute Lokomotive war die in Abb. 210 wiedergegebene; sie weist noch kein Drehgestell auf, was aber bereits bei den von 1833 an gebauten Lokomotiven (Abb. 211) der Fall ist. Die Baldwinfabrik, welche jetzt über 5000 Arbeiter beschäftigt, ist die größte derartige Anlage in der Welt. Sie vermag jährlich 1000 Lokomotiven fertigzustellen, das ist täglich im Durchschnitt $3^1/_3$ Stück. Ihre Leistungsfähigkeit geht am besten aus folgenden Zahlen hervor:

die	1 000ste	Lokomotive	wurde	von	ihr	gebaut	1861
„	2 000	„	„	„	„	„	1869
„	3 000	„	„	„	„	„	1872
„	5 000	„	„	„	„	„	1880
„	10 000	„	„	„	„	„	1889
„	11 000	„	„	„	„	„	1890
„	13 900	„	„	„	„	„	1892

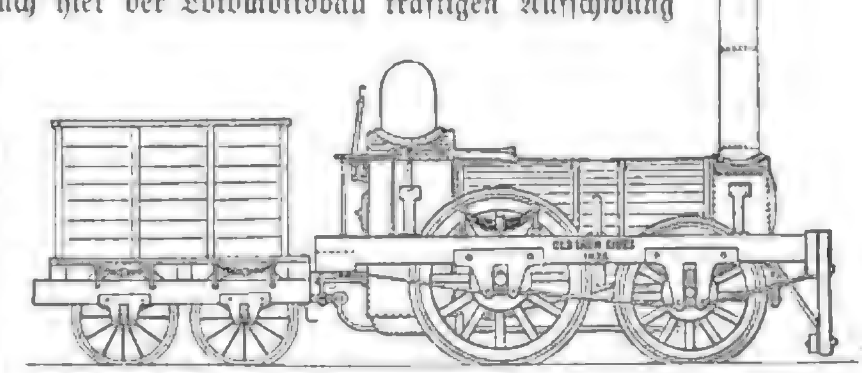
Baldwin wandte schon frühzeitig einen 2—3 mal so hohen Dampfdruck an, wie in England ($3—3^1/_2$ Atmosphären) gebräuchlich war, was die Lokomotive leistungsfähiger und ihren Betrieb wirtschaftlicher machte. Er verbesserte die Umsteuerung für das Vor- und Rückwärtsfahren u. s. w. Im Verein mit anderen Ingenieuren (Norris u. s. w) und später entstandenen Lokomotivfabriken, namentlich den Schenectady-Werken, hat Baldwin die amerikanische Lokomotive nach und nach zu ihrer jetzigen Ausbildungsstufe geführt und ihr das eigentümliche Gepräge verliehen, das sie von den Lokomotiven aller anderen Länder unterscheidet. Es wird dieses hervorgerufen — abgesehen von den technischen Einzelheiten, die mehr den Fachmann interessieren — durch die ungewöhnlich hohe Kessellage, den kurzen Schornstein mit der Signallaterne*) davor, die große Signalglocke, das geräumige, bunt bemalte und mit Polstersitzen ausgestattete Führerhaus sowie durch den an keiner Lokomotive fehlenden „Kuhfänger“ oder Cowcatcher, der dazu dient, das beim Fahren etwa im Gleise angetroffene Vieh liebevoll bei Seite zu werfen. Da die amerikanischen Bahnen nicht wie in England und Deutschland beiderseits der Gleise eingezäunt sind, so ist das Zusammentreffen mit Tieren, namentlich auf dem Lande und auf den großen Viehtriften, nichts Ungewöhnliches. Abb. 212 zeigt die Seitenansicht und Abb. 213 die uns etwas seltsam anmutende Vorderansicht einer amerikanischen Lokomotive mit allen eben genannten Merkmalen.

Wegen vielfacher starker Steigungen und infolge der üblichen langen Güterzüge, ist man drüben mit der Zahl der gekuppelten Radachsen höher hinauf gegangen als in anderen

*) Auf der Weltausstellung in Chicago 1893 war eine alte von T. Hackworth Mitte der 30er Jahre nach Amerika gelieferte Lokomotive ausgestellt, die vorn am Schornstein statt der jetzt üblichen Signallaterne einen Drahtkorb zur Aufnahme brennender Kienfackeln zeigte.

Ländern. Wir finden dort vielfach Güterzuglokomotiven mit 10 u. 12, ja in einem Falle sogar mit 16 Rädern. Als Beispiel einer Lokomotive dieser Art, die nach dem vorsündflutlichen Riesentiere drüben die Bezeichnung Mastodon-Lokomotive führt, diene Abb. 228.

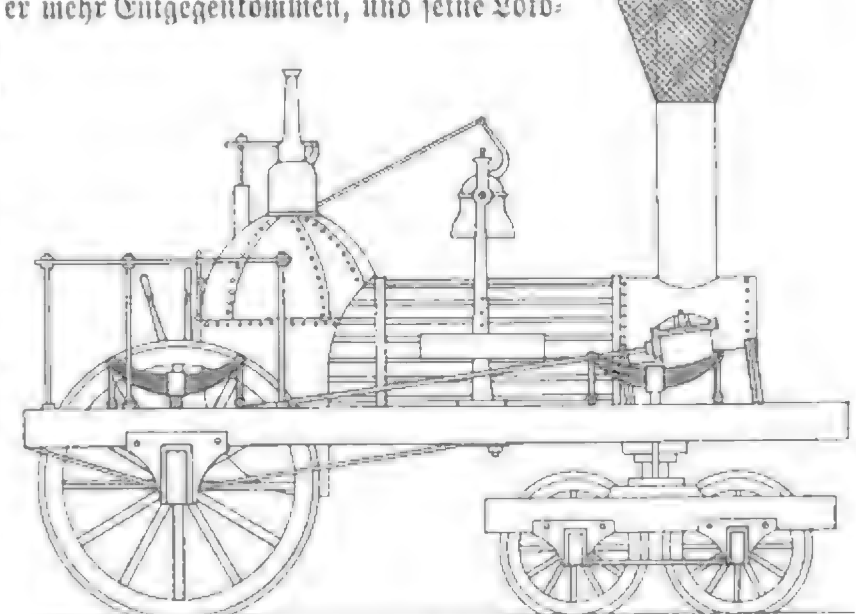
Deutscher Lokomotivbau. Die ersten in Deutschland erbauten Bahnen erhielten noch englische Lokomotiven, die meistens auch von englischen Führern bedient wurden. Im Jahre 1838 baute die unter Leitung des Professors Schubert stehende Maschinenfabrik Übigau bei Dresden die erste deutsche Lokomotive, allerdings noch unter Anlehnung an englische Vorbilder. Sie war für die Leipzig-Dresdener Bahn bestimmt. Seit 1841 — 10 Jahre später als in Amerika — nimmt dann auch hier der Lokomotivbau kräftigen Aufschwung und selbständige Richtung. Männer wie Borsig und eine Zeitlang auch Egells in Berlin, Keßler und Maffei in München, Egestorff in Linden bei Hannover, Hartmann in Chemnitz und Henschel in Kassel gründeten Lokomotivfabriken und brachten sie infolge des Aufschwunges, den der Bahnbau in Deutschland nahm, zur großen Blüte. Die deutschen Fabriken, zu denen außer den vorgenannten noch sieben andere nach und nach hinzutraten, haben bis jetzt über 30000 Lokomotiven geliefert und vermögen jährlich etwa 1600 Stück zu bauen.



210. Baldwins erste Lokomotive „Old Ironsides“, 1832.

Borsig stellte bereits 1841 seine erste Lokomotive in der von ihm 1837 gegründeten, damals noch recht dürftig eingerichteten Fabrik her. Sie wurde auf der Berlin-Potsdamer Linie durch den Einfluß der hier thätigen englischen Ingenieure nicht zu einer Probefahrt zugelassen. Auf einer anderen Berliner Bahn fand er mehr Entgegenkommen, und seine Lokomotive bestand glänzend ihre Probe. Sein König verlieh ihm in Anerkennung seiner Bemühungen um Hebung deutscher Industrie einen Orden — eine in Deutschland derzeit ganz ungewöhnliche Auszeichnung eines Ingenieurs. Auch Bestellungen auf Lokomotiven folgten bald. 1842 baute er bereits 8 Stück für die Berlin-Anhalter Bahn. Seine jetzt schnell aufblühende Fabrik lieferte:

die	100ste Lokomotive	1846
„	1000 „	1858
„	2000 „	1867
„	3000 „	1873
„	4000 „	1883.

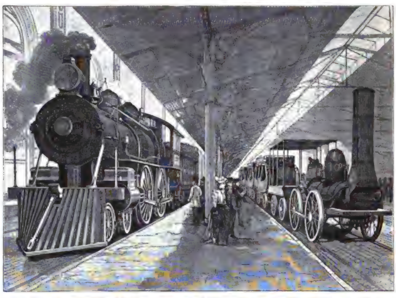


211. Erste Lokomotive mit Drehgestell von Baldwin, 1833.

Nach Borsigs Tode ging die Hauptfabrik in Berlin 1886 ein, wurde aber vor kurzem in Tegel neu eröffnet. Vorstehende Zahlen mit denen der Baldwinfabrik verglichen, zeigen bis über das Jahr 1870 hinaus die Überlegenheit der deutschen Anlage. In ihr sind damals mehr Lokomotiven fertiggestellt worden, als in irgend einer anderen der Welt. Seit 1873 übernahm Baldwin hierin die Führung.

Abb. 214 zeigt die erste, 1848 von Henschel in Kassel für die hessische Nordbahn erbaute Lokomotive. Sie besaß zwei Treibachsen und ein vierrädriges Drehgestell, zeigte also bereits diejenige Bauart, die 40 Jahre später auf den norddeutschen Bahnen zur Einführung gelangte (Abb. 164).

In allen Eisenbahnländern entwickelte sich die Lokomotive in raschem Zuge weiter. Man förderte die Dampferzeugung durch Vergrößerung der Rost- und Heizfläche, baute infolgedessen die Kessel weiter und länger und brachte das dadurch gesteigerte Eigengewicht auf einer größeren Zahl von Radachsen unter. Durch zweckmäßige Verteilung derselben suchte man die bei raschem Fahren noch sehr unruhige Gangart der Lokomotive zu verbessern; namentlich aber erstrebte man die Seele ihres wirtschaftlichen Betriebes, die Steuerung, zu vervollkommnen, das ist diejenige



212. Neuere amerikanische Schnellzuglokomotive und Lokomotive aus dem Jahre 1831 auf der Weltausstellung zu Chicago 1893. Nach „Scientific American".

Vorrichtung, die den Frischdampf bei jeder Radumdrehung einmal vor und einmal hinter den Kolben führt und zwar je nach der Bahnsteigung, der zu ziehenden Last und anzustrebenden Fahrgeschwindigkeit, während eines größeren oder geringeren Teiles des Kolbenweges. Man nennt dieses „mit Expansion" fahren und erzielt durch dieses Mittel nicht nur ganz wesentliche Ersparnisse im Dampf- und Kohlenverbrauch, sondern ermöglicht auch große Fahrgeschwindigkeiten. R. Stephenson, Gooch, Allan, Heusinger von Waldegg, Joy u. a. haben sich um diese wichtige Frage hoch verdient gemacht. Heute werden überall die den Namen dieser Männer führenden Coulissensteuerungen angewendet. Der Dampfdruck wurde immer mehr gesteigert, die Pumpen für das Kesselspeisen vorteilhafter gestaltet, das Gußeisen immer mehr durch Schmiedeeisen und dieses später durch Stahl ersetzt und Verbesserungen anderer Art getroffen.

Einer der verdienstvollsten Lokomotivingenieure um die Mitte der 40er Jahre war der Engländer Crampton. Er nahm 1843 ein Patent auf eine Lokomotivanordnung, die wesentliche Vorzüge für den Schnellzugdienst bot. Um mit dem Raddurchmesser nicht

Digitized by Google

durch den Kessel beengt zu sein, nahm Crampton nur eine Treibachse und legte diese hinter die Feuerkiste, während der vordere Teil der Lokomotive durch zwei bis drei Achsen mit niedrigen Rädern — Laufachsen genannt — abgestützt wurde. Infolge dieser Achsenstellung konnte auch der ganze Kessel sehr niedrig gelegt werden, was derzeit als besonderer Vorteil galt. Nunmehr war der Treibraddurchmesser nur noch durch das Umgrenzungsprofil der Fahrzeuge (Abb. 171) begrenzt. Crampton wählte ihn 7' bis 8' engl. = 2,1 bis 2,44 m, während man bis dahin selten über 1,5 m gegangen war. Dadurch wurde nun auch eine wesentlich größere Fahrgeschwindigkeit erreicht, ohne daß die Räder mehr Umdrehungen zu machen brauchten. Da zudem der Radstand ein großer und überhängende schwere Massen nicht vorhanden waren, so liefen diese Lokomotiven auch bei hoher Fahrgeschwindigkeit ruhig. (Auf der ersten Weltausstellung im Kristallpalast zu Sydenham bei London, 1851, hatte Stephenson diese Bauart ausgestellt, die später im Betrieb Geschwindigkeiten von mehr als 100 km i. d. Stunde erreichte). Das Üble an dieser Bauart war aber, daß die Treibachse zu geringen Anteil an der Gesamtbelastung erhielt, so daß ihre Schienenreibung nicht genügte, um das Anziehen schwerer Züge zu sichern; auch schleuderte sie leicht bei feuchten Schienen. Für die heutigen schweren Schnellzüge ist sie ungeeignet, damals aber fand sie, namentlich in Frankreich und Deutschland, schnelle Verbreitung. Ihr Äußeres ist nach Abb. 215 ein sehr gefälliges, und die Lokomotive gleicht einem schlanken Renner im Vergleich zur Güterzuglokomotive, die mit ihren drei bis sechs Achsen einem schweren Lastpferde ähnelt. Daß sie übrigens auch mißgestaltet werden kann, zeigt die in Abb. 174 wiedergegebene Crampton-Lokomotive amerikanischer Bauart. Die letzten Crampton-Lokomotiven der preußischen Staatsbahnen wurden vor etwa 15 Jahren ausgemustert; bis dahin hatten sie, vom Volksmund Spinnräder genannt, in langer Dienstzeit Züge zwischen Lingen und Emden befördert.

213. Vorderansicht einer amerikanischen Schnellzuglokomotive.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Bauart Cramptons noch dadurch geworden, daß sie den damals zwischen Brunel (Weitspur von 7' engl. = 2135 mm) und Stephenson (Schmalspur von 4' 8 1/2" = 1435 mm) heiß entbrannten Kampf der Spurweiten betreffs der Lokomotivleistung nochmals zu gunsten des letzteren entschied. Der Sieg wurde herbeigeführt durch eine derartige, 1849 von Bury & Co. für die London und North-Westernbahn besonders kräftig erbaute Lokomotive, die Jahrzehnte lang als die stärkste Lokomotive der Welt galt. Sie verdient darum auch durch Bild (Abb. 215) und Wiedergabe ihrer Hauptabmessungen hier näher erörtert zu werden, zeigt sie doch den gewaltigen Sprung, der mit der Crampton-Anordnung plötzlich gewagt wurde. Der Langkessel enthielt 300 Siederöhren, die Heizfläche betrug 206 qm, die Rostfläche 1,9 qm (letztere war übrigens zu klein im Verhältnis zur Heizfläche). Das Eigengewicht ohne Tender war in dienstbereitem Zustande 35560 kg, wovon 12200 kg auf die 2,44 m großen Treibräder

Digitized by Google

das übrige auf die sechs Laufräder entfielen. Diese für damalige Verhältnisse gewaltige Lokomotive beförderte eine Zeitlang Schnellzüge und vermochte zwei bis drei mal so viel zu leisten wie die Lokomotiven gewöhnlicher Bauart. Sie mußte aber aus dem Dienst zurückgezogen werden, da der Oberbau einen Achsdruck von 12200 kg nicht zuließ.

War somit derzeit gezeigt, was auf der 1435 mm-Spur geleistet werden konnte, so hatte man anderseits auch erkannt, daß sich schwere, schnellfahrende Lokomotiven nur auf entsprechend kräftigem Oberbau verwenden lassen; das war auch ein Fortschritt. Die Engländer haben denn auch mit praktischem Blick alsbald diese Grundlage des Eisenbahnbetriebes schwer und widerstandsfähig ausgestaltet und infolgedessen auch die Führung auf diesem Gebiete bis auf unsere Zeit beibehalten. In anderen Ländern Europas hat man bei Feststellung des Schienenquerschnittes zu viel gerechnet und zu wenig die hammerartige Schlagwirkung der Lokomotivräder bezw. den Einfluß der Fliehkraft ihrer Gegengewichte berücksichtigt. Man hat dadurch zwar theoretisch höchst vollkommene, praktisch aber weniger gute Gleisanordnungen geschaffen, bis man seit etwa einem Jahrzehnt auch hier an den maßgebenden Stellen erkannt hat, daß ein schwerer Oberbau mit kräftigen Schienen unumgänglich nötig sei, um den Anforderungen des modernen Verkehrs zu entsprechen.

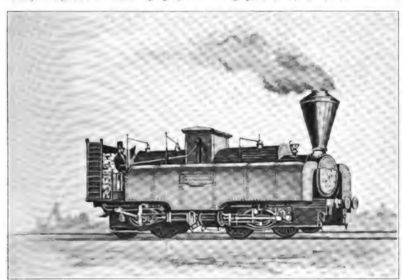
214. Lokomotive „Drache" von Henschel & Sohn in Kassel, 1848.

Seit der Erfindung der Crampton-Lokomotive sind von vielen Seiten die mannigfachsten Bauarten erdacht worden. Aus all den Neuerungen heben sich drei scharf hervor, nicht nur wegen ihrer Eigenart, sondern vor allem auch durch den wirtschaftlichen Nutzen, den sie gestiftet haben. Es sind dieses der Bau der **Engerth-Lokomotive**, die Ausbildung der **Zahnradlokomotive** und die Einführung der **Verbundwirkung**. Durch die ersteren beiden Bauarten ist die Anlage von Gebirgsbahnen erst möglich geworden. Durch sie konnten mit einem Mal Gegenden, die den Segen der Eisenbahnen bis dahin entbehren mußten, dem Verkehr erschlossen oder wirtschaftlich in enge Verbindung miteinander gebracht werden.

215. Cramptons Lokomotive der London und North-Western-Eisenbahn, 1849.

Digitized by Google

Des Anlasses zum Bau der Engerth-Lokomotive wurde schon im ersten Abschnitte bei Besprechung der Semmeringbahn gedacht und dort auch kurz ihr befruchtender Einfluß auf den gesamten Lokomotivbau erwähnt. Durch sie wurde vor allem der Bau von Gelenklokomotiven ins Leben gerufen, das sind Lokomotiven mit 3, 4 und mehr Radachsen, also mit meistens großem Radstande, die zwecks leichteren Durchfahrens der Gleiskrümmungen gruppenweise so gelagert sind, daß sie sich in diesen thunlichst nach deren Mittelpunkt einstellen. Hierbei ist die Schwierigkeit einer guten Dampfzuführung von dem festliegenden Dampfkessel nach den am beweglichen Radgestell sitzenden Dampfcylindern zu überwinden. Für Gebirgsbahnen ist ferner eine große Zugkraft erforderlich, da hier starke Steigungen vorkommen, gleichzeitig auch die Gleiskrümmungen zahlreich und oft scharf sind. So hat die Semmeringbahn z. B. 190 m kleinsten Kurvenhalbmesser, die Gotthardbahn 300 m u. s. w. Je größer aber die Zugkraft sein soll, desto schwerer wird



216. Semmering-Konkurrenz-Lokomotive „Wiener-Neustadt", 1851.

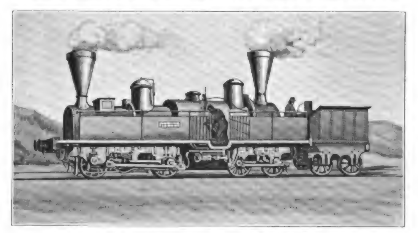
die ganze Lokomotive, desto mehr Radachsen zur Übertragung dieses Gewichtes auf die Schienen sind erforderlich, desto größer fällt also der Radstand aus. Großer Radstand und kleine Gleisbögen schließen sich aber aus, wenn die Achsen alle fest gelagert sind, beide erfordern also „kurvenbewegliche" Lokomotiven.

Bis zum Bau der Semmeringbahn kannte man solche Lokomotiven — abgesehen von dem Laufachsdrehgestell der Amerikaner — nicht. Sie wurden erst infolge des früher genannten Preisausschreibens der österreichischen Regierung auf Herstellung einer geeigneten Gebirgslokomotive für diese Bahn ins Leben gerufen. Nach den Bedingungen mußte diese Lokomotive im stande sein, eine Wagenlast von 140000 kg auf der ungünstigsten Strecke dieser Bahn (größte Steigung gepaart mit schärfster Krümmung) mit einer Geschwindigkeit von 21,4 km i. d. Stunde bei guter Witterung zu befördern. Wie bei Rainhill erschienen auch hier 4 Lokomotiven zum Wettkampf: die „Bavaria" von Maffei in München, „Wiener-Neustadt" von Günther in Wiener-Neustadt (Abb. 216), „Seraing" (Abb. 217), von Cockerill in Seraing (Belgien) „Vindobona" von der Wiener-Gloggnitzer Maschinenfabrik*). Der ausgesetzte Preis von „20000 vollwichtigen kaiserlichen Dukaten" wurde nach den im

*) Die „Seraing" war nach den Plänen von J. Laußmann, Maschinen-Ingenieur der Bergisch-Märkischen Eisenbahn, gebaut worden, jedoch ohne Vorwissen desselben. Ihm war diese Bauart als „Doppellokomotive" in Preußen patentiert.

Digitized by Google

Sommer 1851 vollführten Probefahrten von den Preisrichtern, zu denen auch der Maschinendirektor Kirchweger in Hannover gehörte, der „Bavaria" zuerkannt, während die drei anderen Lokomotiven in der vorstehend genannten Reihenfolge zum Preise von 10000, 9000 und 8000 Dukaten regierungsseitig angekauft wurden. Die Lokomotiven der Abb. 216 und 217 besaßen beide je 2 Drehgestelle, an denen bei der ersteren auch die Dampfcylinder angebracht waren, während sie bei der „Seraing" an jedem Ende des Doppelkessels befestigt waren. Diese Lokomotive führte auch das Wasser in einem kleinen Tender mit, die als Tendermaschine gebaute „Wiener-Neustadt" hatte seitlich ihres langen Kessels Wasserbehälter. Eigentümlich berührt die Achsenkuppelung der Preislokomotive „Bavaria". Die Dampfarbeit wurde hier durch sehr lange Treibstangen auf zwei am hinteren Lokomotivende festgelagerte Kuppelachsen übertragen, von denen die vordere wieder mit dem vorn befindlichen Drehgestell, die hintere mit den 3 unter sich gekuppelten Tenderachsen gekuppelt war und zwar durch — Vaucansonsche Gliederketten, wie sie G. Stephenson bereits 1815 nach Abb. 190 vergeblich versucht hatte. Auch hier zeigten diese Ketten nach wenigen Fahrten schon eine so starke Abnutzung, daß ein Dauerbetrieb mit ihnen ausgeschlossen war. Hätte der Erbauer den 36 Jahre zuvor erzielten Mißerfolg Stephensons gekannt, er würde wohl schwerlich dieses Übertragungsmittel für den Semmering gewählt haben. Wenn dennoch die „Bavaria" preisgekrönt wurde, so lag dieses an der seltsamen Bestimmung des Preisausschreibens, wonach diejenige Lokomotive den Preis erhalten sollte, die bei Erfüllung der sonstigen wenigen Vor-

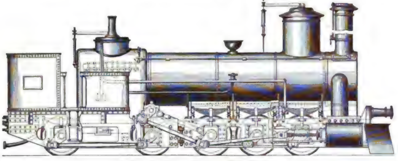


217. Semmering-Konkurrenz-Lokomotive „Seraing", 1851.

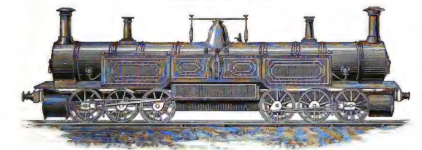
schriften die kleinste Holzmenge während der Versuchsfahrten verfeuern würde. Dieser einseitigen Bedingung genügte „Bavaria" am besten. Ihr am nächsten kam darin die „Wiener-Neustadt", die in ihrer Gesamtanordnung zweckentsprechender durchgebildet war.

Keine der vier obigen Bauarten wurde jedoch als geeignet für den Dienst auf dem Semmering befunden, teils zeigten sie Mängel, teils erschienen ihre neuartigen Anordnungen und Einzelteile noch nicht genügend im Betriebe erprobt und daher gewagt für so schweren Dienst. Hervorragende deutsche Maschinen-Ingenieure reichten daraufhin neue Entwürfe ein, so Kirchweger, aus dessen Vorschlag die später unter der Bezeichnung Bauart Fink bekannt gewordene Berglokomotive (Abb. 218) hervorging. Die Finksche Lokomotive hat zwei besondere, gegeneinander drehbare Rahmengestelle: ein vorderes dreiachsiges und ein hinteres zweiachsiges. Sämtliche 10 Räder sind miteinander gekuppelt, so daß die als Tendermaschine ausgeführte Lokomotive eine große Zugkraft besitzt. Beide Gestelle werden mit Hilfe einer Blindachse (Achse ohne Räder) gleichzeitig angetrieben. Die Rahmen sind als Außenrahmen angeordnet. Die höchst sinnreich durchdachte Lokomotive war 1862 in London und 1867 in Paris ausgestellt und hat sich auf der Bergbahn Orawitza-Steyerdorf, welche 50‰ Steigung und 113 m Kurven aufweist, bewährt. Krauß, ebenfalls derzeit in Hannover, schlug zur Vermehrung der Schienenreibung bezw. der Anzugskraft eine mittlere erhöhte Reibungsschiene vor, gegen die wagerecht liegende Rollen der Lokomotive gepreßt werden sollten — ein Verfahren, das früher schon in ähnlicher Weise Vignoles und Ericsson für eine andere Bahn empfohlen hatten und das nachmals von Fell bei der Überschienung des Mont Cenis und an anderen Orten in abgeänderter Form zur Ausführung gebracht wurde, sich später

Digitized by Google



218. Berglokomotive von Fink, 1862.



219. Fairlie-Lokomotive, 1864.

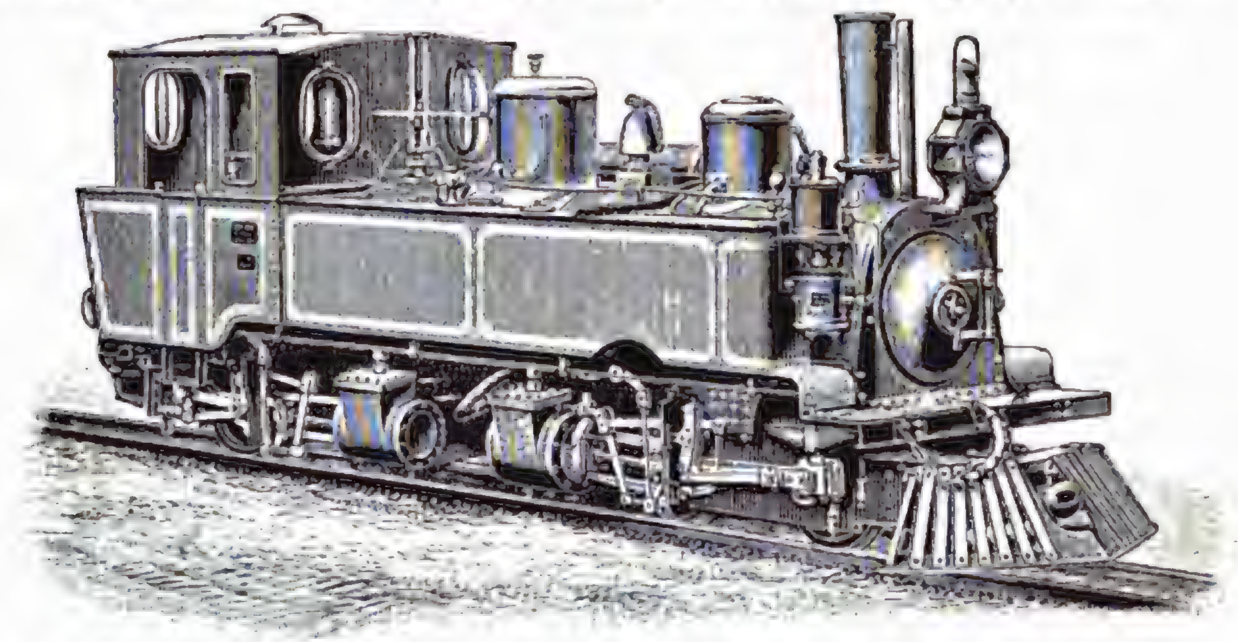
220. Stellung der Fairlie-Lokomotive in der Gleiskrümmung.

freilich nicht als besonders vorteilhaft erwies. Aus der Preislokomotive „Seraing“ (Abb. 217) ging 1864 die Fairlie-Lokomotive (Abb. 219 u. 220) hervor, während die „Wiener-Neustadt“ (Abb. 216) 1861 nochmals „erfunden“ als Meyer-Lokomotive bekannt geworden ist.

Engerth-Lokomotive. Auf dem Semmering gelangte schließlich Ende 1853 eine Lokomotive zur Verwendung, die von dem Leiter der technischen Eisenbahnabteilung im Wiener Ministerium, v. Engerth, früher Professor an der technischen Hochschule in Graz, auf Grund der Erfahrungen entworfen war, die an den Preislokomotiven und den eingereichten Entwürfen gesammelt waren. Die Ausarbeitung der Einzelheiten erfolgte von Keßler in Eßlingen und Cockerill in Seraing im Verein mit Engerth. Bei dieser neuen Lokomotive, von der 26 Stück für die Semmeringbahn beschafft wurden, war das Tendergewicht durch Kuppeln der Tenderräder mit den Lokomotivtreibrädern für die Zugkraft mit nutzbar gemacht. Diese Kuppelung erfolgte nach Art des alten Hedleyschen Zahnradgetriebes. Tender und Lokomotive waren gegeneinander um einen senkrechten Drehbolzen verschiebbar. Derselbe lag genau über dem Eingriffe des letzten Zahnräderpaares, so daß der Zahneingriff durch die Kurvenbeweglichkeit wenig beeinflußt wurde. Arbeitsübertragung durch Zahnräder ist aber für Reibungslokomotiven unzweckmäßig,

Digitized by Google

und so wurde dieser Zahnradtrieb später auch wieder beseitigt und die Engerth-Lokomotive durch „Vierkuppler" ersetzt. Von den vier gekuppelten Achsen besitzen einige eine gewisse Verschiebbarkeit in ihrer Längsrichtung, was das Durchfahren der Krümmungen erleichtert. Auch die neuesten auf der Arlbergbahn eingestellten Lokomotiven haben vier gekuppelte, teilweise verschiebbare Achsen nebst einer radial verstellbaren Laufachse. Sie befördern 200 000 kg schwere Schnellzüge auf dieser bis 30‰ geneigten Bahn, äußern bis 10 000 kg Zugkraft und durchfahren die vorhandenen Gleisbögen von 200 bis 250 m Halbmesser mit 42 km Stunden-Geschwindigkeit. Die Engerth-Lokomotive fand seiner Zeit namentlich auch auf französischen Bahnen Eingang, sodann in der Schweiz u. s. w. Sie ist für alle Zeiten ein Merkstein im Eisenbahnmaschinenwesen, wie es „Globe" und „Planet" zwanzig Jahre vorher gewesen waren. Die sinnreichen Neubildungen, die sie gezeitigt hatte, lenkten den Lokomotivbau in neue Bahnen. Nunmehr gelang es, in verschiedener Weise kurvenbewegliche Lokomotiven von großer Leistungsfähigkeit herzustellen, die die Gleiskrümmungen trotz ihres großen Radstandes leicht zu durchfahren vermochten. Sie sind seit den 50er Jahren in sehr verschiedener Weise wiederholt, namentlich auch in Deutschland und, wie vorstehend schon erwähnt, in Österreich ausgeführt worden.

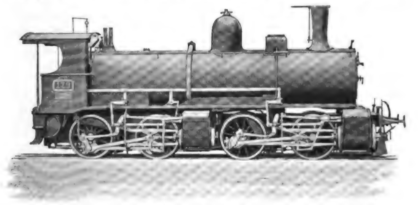


221. Verbund-Tenderlokomotive der Kleinbahn Kirchlengern-Wallücke, 1897, Bauart Günther-Meyer. (60 cm Spurweite.)

Eine der bemerkenswertesten Lokomotiven dieser Gattung ist die vorerwähnte Fairlie-Lokomotive. Schon R. Stephenson hatte 1847 für die $10\frac{1}{2}$ km lange, mit $1:28\frac{1}{2}$ schärfster Steigung ansteigende Rampe der Giovibahn bei Genua sogenannte Zwillingslokomotiven geliefert, das sind zwei ganz gleiche Tenderlokomotiven, die mit ihrem Hinterkessel gegeneinander gestellt und hier durch einen Drehbolzen beweglich verbunden sind. Fairlie baute unter Anlehnung an diesen Gedanken und unter Verwertung der vorgenannten „Seraing" eine Doppellokomotive, deren Kesselanlage zwar zwei Langkessel mit je einer Rauchkammer und Esse, sowie zwei getrennte Feuerbüchsen besitzt, aber eine gemeinsame Feuerkiste mit den beiden Feuerthüren an einer Langseite. Die Räder einer jeden Kesselhälfte sind je für sich in einem kurzen Drehgestell gelagert, so daß die Lokomotive trotz ihres langen steifen Kessels kleinere Gleisbögen zwanglos durchfahren kann, wie dies im Grundriß der Abb. 220 für eine Hundertmeterkurve klar dargestellt ist. Da sich hier Räder und Dampfcylinder gegen den Kessel verdrehen, so müssen die Dampfzuleitungsröhren mit beweglichen Gelenken ausgestattet sein, die große Sorgfalt in Herstellung und Unterhaltung erfordern. Die Fairlie-Lokomotive hat im Auslande (Rußland, Mexiko, Peru u. s. w.) vielfache Anwendung gefunden. Auch auf der im 1. Abschnitt beschriebenen Festiniogbahn, der kleinsten dem öffentlichen Personenverkehre dienenden Schmalspurbahn (59 cm Spur), sind die langen Lokomotiven dieser

Art thätig. Sie wiegen betriebsfähig 19 812 kg und durchlaufen mit 20—30 km/Std.-Geschwindigkeit leicht die zahlreichen scharfen Kurven (bis 35 m Halbmesser) dieser Linie, was namentlich bei einer Fahrt auf dem Führerstande scharf hervortritt.

Merkwürdigerweise gleicht aber auch die schwerste und leistungsfähigste Lokomotive, die in dem Jahrhundert des Dampfes überhaupt gebaut wurde, äußerlich der Fairlie-maschine. Sie ist auf der Gebirgsstrecke Tampico-Mexiko der mexikanischen Zentralbahn im Betriebe und besitzt 14 Meter Gesamtradstand! Dieser Lokomotivriese besitzt zwei Kessel mit zwei Schornsteinen, acht Dampfcylinder und acht Achsen, von denen sechs — zu je drei in einem Drehgestell — gekuppelt sind, während die beiden Endachsen als kurvenbewegliche Laufachsen ausgebildet sind. Die Tenderlokomotive wiegt dienstbereit 113 500 kg, wovon 95 300 kg auf die zwölf Triebräder entfallen. Die Übertragung der Dampfarbeit von den hier fest gelagerten Cylindern auf die kurvenbeweglichen Radachsen — die normalspurige Bahn weist Kurven von nur 80 m Halbmesser auf — ist in sehr geschickter Weise durchgeführt und macht der Konstruktionsgabe ihres Erbauers Johnstone alle Ehre, ist aber andererseits doch so verwickelt, daß sie schwerlich Nachahmung finden



222. Mallets Duplex-Verbund-Lokomotive, 1890.
Erbaut von der Schweizer Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur.

wird, zumal man so große Leistungen auch einfacher, nach Art der alten Giovi-Zwillingslokomotiven, hätte erreichen können.

Die Lokomotive von Meyer, diesem seltsamerweise 1861 in Belgien patentiert und 1873 auf der Wiener Weltausstellung unter jenem Namen neu vorgeführt, ist nichts anderes als die alte, von Meyer neu aufgeputzte Semmeringlokomotive „Wiener-Neustadt" von Günther. Wie bei dieser sind auch hier zwei unabhängige, ganz gleichartige Drehgestelle angeordnet, deren Dampfcylinder einander zugekehrt sind. Im Gegensatze zu Fairlie ist hier aber nur ein Kessel mit langen Siederöhren vorhanden. — Eine bemerkenswerte neuzeitliche Ausführung der sog. Meyer-Lokomotive findet sich auf der in den Abschnitten „Schmalspurbahnen" (S. 94) und „Oberbau" (S. 155) genannten Wallückebahn, deren Spurweite (60 cm) nur wenige Millimeter größer als diejenige der viel bewunderten Festiniogbahn in Wales (59 cm) ist. Ihre Lokomotive zeigt völlige Übereinstimmung mit der Günther-Lokomotive vom Jahre 1851, wie ein Vergleich der Abb. 216 und 221 ohne weiteres erkennen läßt. Es ist daher richtiger, diese Lokomotivgattung mit „Günther-Lokomotive" zu bezeichnen, oder doch wenigstens mit Günther-Meyer. Die Lokomotive der Abb. 221 wiegt dienstbereit 20 000 kg, also fast genau soviel wie die Fairlie-Lokomotive der Festiniogbahn. Sie kann anstandslos mit 35 km/Std. fahren; gestattet sind freilich nur 20 km. Die Hauptabmessungen sind:

Digitized by Google

Radstand der ganzen Lokomotive . . .	5000 mm
Radstand jedes der beiden Drehgestelle .	1100 „
Raddurchmesser	700 „
Gesamte Heizfläche	50 qm
Rostfläche	1,0 qm
Zugkraft	3000 kg.

Da die Lokomotive nach der weiter unten erörterten Verbundanordnung arbeitet, so hat das eine Drehgestell größere Cylinder als das andere.

Der Schweizer Ingenieur Mallet in Paris und später Rimrott in Halberstadt haben, unabhängig von einander, die Bauart Günther-Meyer in gleichartiger Weise bei ihrer Duplexlokomotive dahin abgeändert, daß nur die vordere Achsengruppe in einem Drehgestell lagert, dagegen die hintere in dem Hauptrahmen der Lokomotive; diese ist also nicht in Gleisbögen einstellbar. Dadurch wird, allerdings auf Kosten der Kurvenbeweglichkeit, die bei Fairlie und Günther-Meyer vorhandene große Zahl von Rohrgelenken in der Dampfleitung gemindert. Da ferner die Cylinder den Dampf nach der Verbundwirkung zugeführt erhalten, d. h. einem Cylinderpaar wird Frischdampf, dem anderen der Abdampf des ersteren zugeleitet, so ergibt sich der weitere Vorteil, den festgelagerten Cylindern den hochgespannten Kesseldampf (12—14 Atmosphären), den am Drehgestelle angebrachten aber den Niederdruckdampf zuleiten zu können. Letzterer wirkt auf das Dichthalten der Rohrgelenke weniger nachteilig ein. Daher haben auch die Mallet-Rimrottschen Lokomotiven vorn die größeren Niederdruckcylinder, hinten dagegen die kleineren für den Hochdruck. In Deutschland laufen derartige Lokomotiven auf der Eifelbahn, auf den sächsischen Staatsbahnen, in der Schweiz auf der Zentralbahn u. s. w. Abb. 222 zeigt die sehr kräftige Lokomotive (mit Schlepptender) der letzteren. Sie wiegt dienstbereit ohne den 31 000 kg schweren Tender 57 000 kg, hat 131½ qm Heizfläche, 2 qm Rostfläche, 14 Atmosphären Dampfdruck und eine Zugkraft von 8000 kg. Der Radstand einer Achsengruppe beträgt 1900 mm, der gesamte 6200 mm. Dieselbe Anordnung kommt auch als Tenderlokomotive vor, z. B. auf der Strecke Basel-Olten, und der Yverdon-St. Croix Bahn und bewährt sich gleich der vorigen recht gut. Die Gotthardbahn besitzt eine sechsachsige Tenderlokomotive dieser Art, die dienstbereit 80 000 kg wiegt.

In den Abschnitt der 50er Jahre, der zum Bau der Gelenklokomotiven Anlaß gab, fällt auch die Einführung der billigeren Steinkohle als Ersatz für den bis dahin der geringen Rauchentwickelung wegen allgemein bei Lokomotiven angewendeten Koks. Heute finden wir den letzteren nur noch selten für die Lokomotivfeuerung benutzt, wie z. B. auf der Berliner Stadtbahn, die ja ihren Weg durch die Häuserblocks der Stadt nimmt, also auf Rauchverminderung besonders bedacht sein muß. In holzreichen Gegenden, wo die Steinkohle schwer oder teuer zu beschaffen ist, dient Holz zur Dampferzeugung. Im Hannoverschen wurden jahrelang die Lokomotiven der Westbahn (Rheine-Emden) mit Torf gefeuert, wie solches heute noch auf der Oldenburgschen Bahn der Fall ist. Seit den 80er Jahren werden die Lokomotiven in den Petroleumbezirken und angrenzenden Gebieten, wie in Pennsylvanien und Südrußland (Baku) vielfach mit den Rückständen der Petroleumgewinnung (Masut) geheizt; auch andere flüssige Brennstoffe, wie Teeröl, werden dazu benutzt, so z. B. auf einer englischen und einer österreichischen (Arlberg) Bahn. Die Tender besitzen dann neben ihrem Behälter für Wasser auch einen solchen für den flüssigen Brennstoff. Durch entsprechende Düsen wird derselbe mittels Dampfstrahles fein zerstäubt in den Feuerraum geblasen, dabei gleichzeitig innig mit Luft gemischt. Die Wärmeentwickelung ist hierbei eine sehr gute, die Rauchbildung ist nahezu beseitigt.

Die Rauchplage der Lokomotiven bei Kohlenheizung wird allgemein sehr lästig empfunden. Bei den Londoner Bahnen war es sogar früher eine Zeitlang nicht gestattet, die Züge mittels Lokomotiven in das Stadtinnere zu befördern, vielmehr nur bis zur Stadtgrenze. Von da ab wurden sie durch Seiltrieb und stehende Dampfmaschinen nach dem Stadtbahnhofe geschafft. Sowohl auf den Bahnhöfen und in deren Umgebung tritt diese arge Belästigung auf, als auch während der Fahrt. Nicht nur die Anwohner, sondern namentlich auch die Reisenden leiden sehr oft darunter, die Luft im Inneren der Wagen wird durch den Rauch verdorben, die Sitze und Kleider durch ihn beschmutzt. Beim Durchfahren von Tunnels sucht der Reisende bekanntermaßen sich durch Schließen der Wagenfenster

etwas zu schützen. Am schlimmsten ist es in diesem Punkte wohl in den langen Tunnels der Gebirgsbahnen bestellt, sodann namentlich auch auf den mit Dampflokomotiven betriebenen Londoner Untergrundbahnen. Besonders stark hat auch das Fahrpersonal auf solchen Tunnelstrecken zu leiden.*)

In dem 15 km langen Tunnel der Gotthardbahn war infolge des gesteigerten Zugverkehrs die Lüftung schließlich so mangelhaft geworden, daß die Verwaltung gezwungen war, für die in ihm auszuführenden Unterhaltungsarbeiten Tage mit starken Luftdruckunterschieden zu wählen, da dann die natürliche Lüftung eine leidliche war. Auch mußte sie zu gleichem Zweck den nächtlichen Zugverkehr durch den Tunnel einschränken. Diese Mißstände führten dazu, im Frühjahr 1899 von der Erfindung des Ingenieurs Saccardo (Italien) Gebrauch zu machen: Seitlich der Tunnelmündung bei Göschenen sind zwei große Ventilatoren aufgestellt, die wenige Meter hinter jener durch einen doppelten, 6 m langen, auch unter den Gleisen sich hinziehenden Eisenmantel einen kräftigen Luftstrom in den Tunnel hineinblasen und allen Rauch durch den letzteren hindurch und bei Airolo ins Freie treiben. Auch der frühere dumpfe Geruch der Tunnelluft ist nunmehr beseitigt. Da die benachbarte Reuß genügend Energie zur Verfügung stellt, so werden die Ventilatoren in kurzem durch Turbinen u. s. w. angetrieben werden, wodurch ihr jetziger kostspieliger Betrieb mittels einer festgelagerten Lokomotive fortfällt.

Am Arlberg besteht die Einrichtung, daß die Lokomotiven während der Fahrt durch den großen Tunnel Petroleum verfeuern, wodurch die Rauchentwickelung nahezu vermieden ist. Auf der freien Strecke wird Kohle benutzt. Vereinzelt hat man in Amerika auch elektrischen Betrieb für Tunnelstrecken eingeführt, wodurch jegliche Luftverschlechterung ausgeschlossen ist.

Man hat verschiedentlich versucht, die starke Rauchentwickelung zu mildern. Mit sichtbarem Erfolge ist dies jedoch erst in der Neuzeit dem österreichischen Ingenieur Langer gelungen, dessen patentierte Anordnung dann von Marcotty in Berlin vereinfacht und verbessert wurde. Es wird hier ein Dampfstrahl oben in den Feuerraum geblasen, so daß die Kohlenschicht auf dem Roste mit einem dünnen Dampfschleier überlagert ist; gleichzeitig wird oberhalb des Feuers Luft eingeführt. Diese Oberluft vermischt sich mit den Feuergasen und bewirkt noch in der Feuerbüchse eine vollkommenere Verbrennung, also eine hellere Färbung der abziehenden Gase. Die preußischen Staatsbahnen und andere haben von dieser Einrichtung, namentlich im Vorortverkehr, vereinzelt, aber stets erfolgreich Gebrauch gemacht. Bei den Lokomotiven der Rigibahn steht sie bereits seit Jahren in Benutzung. Die staatliche Eisenbahnbehörde der Schweiz hat 1899 sämtlichen Bahnverwaltungen dieses Landes die Langer-Marcotty-Anordnung dringend empfohlen. Es steht im Interesse der Menschheit zu hoffen, daß mit weiterer Verbesserung dieser rauchverzehrenden Einrichtung und ihrer allgemeinen Einführung der Eisenbahnbetrieb von seinem dunkelsten Punkte befreit wird. Übermäßig qualmende Lokomotiv- und Fabrikschornsteine sind keine Fürsprecher unserer sonst so hochentwickelten Technik. Letztere hat wirksame Mittel zur Milderung der widerwärtigen Rauchplage an die Hand gegeben, leider scheitert ihre Anwendung zu oft noch an der Platz- und Kostenfrage.

Mitte der 70er Jahre griff eine wirtschaftlich höchst bedeutsame Verbesserung in der Dampfausnutzung der Lokomotiven Platz, indem der schon genannte Ingenieur Mallet Lokomotiven mit Verbundwirkung bauen ließ. Diese ergaben bei gleicher Leistung gegenüber den bisherigen Zwillingslokomotiven eine namhafte Dampf- und damit Kohlenersparnis. Während bei einer Zwillingslokomotive frischer Kesseldampf in beide gleich große Cylinder eintritt und nach gethaner Arbeit aus jedem derselben durch das Blasrohr ins Freie entweicht, strömt bei der Verbundlokomotive der Frischdampf nur in einen Cylinder, Hochdruckcylinder genannt, ein; hier gibt er einen Teil seiner Energie an den Kolben ab und tritt dann durch einen in der Rauchkammer untergebrachten Zwischenbehälter — Verbinder, auch Receiver genannt — in den Niederdruckcylinder, um hier einen weiteren Teil seiner Energie nutzbar zu machen und dann von da durch das Blasrohr ins Freie zu entweichen. (Bei jeder Treibradumdrehung einer Zwillingslokomotive hört man daher viermal den Abdampf auspuffen, also vier „Dampfschläge", bei einer Verbundlokomotive dagegen nur zwei.) Der Druck des Dampfes ist beim Einströmen in den Niederdruckcylinder wesentlich geringer als beim Eintritt in den Hochdruckcylinder, entsprechend der geleisteten Arbeit und der dadurch herbeigeführten Verminderung der Dampfwärme. Damit aber der Gesamtdruck auf jeden Kolben und damit die in beiden

*) In dem auf S. 170 Anmerkung genannten, 3000 m langen alten Giovitunnel, der wegen seiner schlechten Lüftung berüchtigt ist, erstickten im Jahre 1898 Führer und Heizer einer Personenzuglokomotive. Der Zug kam auf der starken Steigung ins Rückwärtsrollen und stieß auf einen nachfolgenden Güterzug auf. Menschenverluste und großer Materialschaden waren die traurigen Folgen.

Cylindern geleistete Arbeit möglichst gleich ausfällt, gibt man dem Niederdruckcylinder einen größeren Durchmesser. Bei der Verbundlokomotive läßt man vorteilhaft einen höheren Kesseldruck zu, mindestens 12 Atmosphären, vielfach schon 14 bis 15 und vereinzelt selbst 16 Atmosphären. Dazu bedarf es aber nur eines geringen Mehraufwandes an Brennstoff. Die größte Menge desselben muß verfeuert werden, um das Wasser in die Dampfform überzuführen. Hierdurch und durch die bessere Dampfausnutzung ist die Kohlenersparnis bei der Verbundlokomotive begründet. Günstig wirkt hierbei besonders der Umstand, daß das Temperaturgefälle des Dampfes, d. h. sein Wärmeunterschied zu Anfang und zu Ende eines jeden Kolbenhubes, wesentlich geringer ist als in einer gewöhnlichen Lokomotivmaschine, so daß weniger Dampf durch Niederschlag an den Cylinderwandungen verloren geht. Endlich sind auch die Druckunterschiede auf beiden Kolbenseiten und damit die Dampfverluste bei nicht tadellos abdichtenden Dampfkolben bei jener geringer.

Schon Anfang 1834 hatte der deutsche Ingenieur G. M. Röntgen, technischer Leiter der Stromboot-Matschappij in Rotterdam, Hollands größter Maschinenfabrik und Werft, ein französisches Patent auf die Verbundwirkung bei Dampfmaschinen genommen, in welchem es heißt: „Dieselben Vorteile werden sich auch bei Übertragung dieser Verbundanordnung auf die Eisenbahnmaschinen ergeben.“ Eine Verwertung bei letzteren hat das Patent nicht gefunden. Zwanzig Jahre später baute, wie Colburn berichtet, der Engländer Samuel die erste Verbundlokomotive (Compoundlokomotive), mit welchem Erfolge, ist nicht bekannt. Weitere Vorschläge zu Verbundlokomotiven wurden 1860 von dem Engländer Kemp sowie 1866 von dem Franzosen Jules Morandière gemacht. Ihnen folgten verschiedene Amerikaner mit selbständigen Entwürfen und Patenten, aber keine Verbundlokomotive wurde daraufhin gebaut. Dieses gelang zuerst Mallet. Seit Jahren hatte er sich mit der Verbund-Schiffsmaschine beschäftigt. Im Jahre 1874 nahm er ein Patent auf eine Verbundlokomotive, wobei er auch die Anordnung traf, beide Dampfcylinder gleichzeitig mit frischem Kesseldampfe speisen zu können, um so für das Anfahren und auf starken Steigungen eine größere Arbeitsleistung zu äußern. Die ersten Malletschen Verbundlokomotiven, drei an der Zahl, wurden 1876 von Schneider & Co. in Creuzot (Frankreich) für die Bayonne-Biarritz-Bahn gebaut. Neben Mallet hat sich seit 1880 um die Einführung und weitere Ausbildung dieser Lokomotivart v. Borries in Hannover verdient gemacht, ferner Worsdell in England, Vauclain in Nordamerika und andere Männer.

Die meisten Verbundlokomotiven finden wir zur Zeit in Deutschland und Österreich, an zweiter Stelle kommt Amerika, während England zurückhaltender ist. Sie sind bei richtiger Ausführung und Handhabung sparsamer im Dampf- und Kohlenverbrauch als die Lokomotiven mit Zwillingswirkung, und die Kohlenersparnis steigt unter besonders günstigen Verhältnissen bis auf 20 %, was bei dem großen jährlichen Kohlenbedarf einer Lokomotive von größter wirtschaftlicher Bedeutung ist. Die Verbundlokomotiven sind daher namentlich auch für diejenigen Eisenbahnländer am Platze, in denen Kohle hoch im Preise steht und andere geeignete Brennstoffe fehlen. Allerdings sind sie nur für solche Züge zweckmäßig, die längere Strecken ohne Aufenthalt durchlaufen, wie Schnellzüge und Eilgüterzüge, dagegen eignen sie sich nicht für gewöhnliche Güterzüge oder gar für Rangierzwecke. Beim Anfahren arbeiten nämlich die Cylinder mit ungleicher Stärke*), was die Anzugskraft und damit das schnelle Ingangbringen des Zuges beeinträchtigt. Lokomotiven, die nun häufig anhalten müssen, würden bei Verbundwirkung an Fahrzeit einbüßen. Die Preußische Staats-Eisenbahn-Verwaltung, welche zur Zeit die größte Bahnverwaltung der Welt ist, beschafft ihre Schnellzuglokomotiven nur noch nach der Verbundanordnung, läßt dagegen die Güterzuglokomotiven noch zum Teil nach der alten (Zwillings-) Art bauen.

Seit etwa Mitte der 80er Jahre hat man auch dreicylindrige Verbundlokomotiven gebaut. Webb, Leiter der großen englischen Eisenbahnwerkstätte in Crewe (6500 Arbeiter), in der Stahl hergestellt, Schienen gewalzt, Stellwerke für Weichen und Signale, Drehscheiben u. s. w. angefertigt, Wagenuntergestelle und namentlich

*) Es kommt bei gewissen Kolben- bezw. Schieberstellungen vor, daß in den Hochdruckcylinder kein Frischdampf eintreten kann. In diesem Falle muß der Niederdruckcylinder mit Frischdampf von entsprechend gemindertem Drucke gespeist werden können. Dazu dient eine besondere „Anfahrvorrichtung“, die in sehr verschiedener Weise zur Ausführung gelangt ist.

Digitized by Google

Lokomotiven gebaut werden, in der sich somit Hütten-, Walz- und Maschinentechnik vereint vorfindet, ließ hier die erste derartige Lokomotive erstehen, der später zahlreiche andere gefolgt sind. Die beiden Hochdruckcylinder liegen außen, der Niederdruckcylinder lagert innerhalb des Rahmengestelles unter der Rauchkammer. Die Lokomotiven dienen dem starken Schnellzugsverkehre der London und North Western-Bahn. Die Jura-Simplon-Bahn hat seit drei Jahren für ihre bis 25°/₀₀ geneigten Bergstrecken gleichfalls dreicylindrige Verbundlokomotiven, jedoch mit drei Treibachsen und vorderer verstellbarer Laufachse eingeführt. Ihr Hochdruckcylinder liegt unter der Rauchkammer, die beiden Niederdruckcylinder sitzen außen. Die drei Antriebskurbeln sind unter 120° gegen einander versetzt, was für die Drehbewegung günstig ist. Die Lokomotiven sind recht leistungsfähig.

Im Jahre 1885 baute de Glehn, Direktor der elsässischen Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, eine viercylindrige Verbundlokomotive, bei der die beiden Hochdruckcylinder innerhalb der Rahmen, die zwei Niederdruckcylinder außerhalb derselben neben jenen liegen. Diese Bauart fand auf der französischen Nordbahn erfolgreiche Verwendung und verschaffte sich bald wegen ihrer großen Leistungsfähigkeit Anerkennung und Verbreitung, zuerst auf der badischen, dann auf der Gotthardbahn u. s. w. Auf der letzteren

223. Schnellzug der Gotthardbahn, 1898.

werden mit solchen Lokomotiven die 140 000 kg schweren Schnellzüge über die mit 25°/₀₀ (1 : 40) ansteigenden Bahnstrecken mit 45 km Stundengeschwindigkeit befördert, während auf der Wagerechten noch größere Lasten mit 90 km. i. d. Stunde von ihnen gefahren werden können. Hierbei entwickelt die Lokomotive bis zu 1200 Pferdestärken, eine gewaltige Leistung, wenn man bedenkt, daß die vor sieben Jahrzehnten umjubelte „Rocket" nur $^1/_{80}$ hiervon zu leisten vermochte. Abb. 223 zeigt die stattliche Gotthardlokomotive in Verbindung mit ihrem Wagenzuge. Die beiden Hochdruckcylinder liegen zwischen den Rahmen und übertragen ihre Arbeit auf die erste Treibachse, während die beiden außen befindlichen Niederdruckcylinder die mittlere Treibachse bewegen. Die Lokomotive wiegt dienstbereit ohne Tender 65 000 kg und mit Tender 102 000 kg. Ihre Zugkraft beträgt bis 7500 kg, der Kesseldruck 15 Atmosphären.

Auch auf einer Gebirgsstrecke der preußischen Staatsbahnen wird jetzt eine viercylindrige Lokomotive erprobt, und eine zweite in verbesserter Anordnung wird auf der Pariser Weltausstellung 1900 zur Schau gebracht werden. Der immer mehr anwachsende gewaltige Verkehr dieser Bahnen zwingt zur demnächstigen Einführung kräftigerer Lokomotiven, als zur Zeit benutzt werden. Letztere vermögen die immer schwerer werdenden Züge häufig nur zu zweien, d. h. mit Vorspann, zu befördern. Ein solcher Zugdienst ist aber naturgemäß sehr kostspielig.

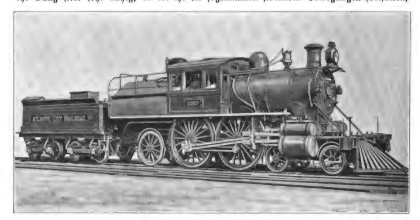
Viercylindrige Lokomotiven sind zur Zeit namentlich in Nordamerika verbreitet und zwar nach der Bauart Vauclain (Baldwin-Lokomotivfabrik in Philadelphia). Der

Digitized by Google

Hochdruckcylinder liegt über oder auch unter dem Niederdruckcylinder. Abb. 224 zeigt eine solche Lokomotive vergl. S. 223. Auf den ungarischen Staatsbahnen wiederum hat man den Hoch- und Niederdruckcylinder hintereinander gelegt und dadurch die bei Fabrikmaschinen häufig vorkommende Tandemanordnung geschaffen.

Die viercylindrige Verbundlokomotive kann als die Lokomotive der nächsten Zukunft bezeichnet werden, die überall da, wo ein hochentwickelter Verkehr vorliegt, sich ihrer wirtschaftlichen Vorteile wegen erfolgreichen Eingang verschaffen wird — falls nicht bis dahin der in allen Hauptländern angestrebte Ersatz der Dampflokomotive durch den Elektromotor spruchreif geworden ist. Bei dem jetzigen Stande der Elektrotechnik hat es damit allerdings noch gute Wege.

Die vor kurzem in Frankreich erprobte elektrische Heilmann-Lokomotive, bei welcher die Dampfwärme auf dem Wagengestell durch Dampf- und Dynamomaschinen in die elektrische Form umgewandelt wird, die ihrerseits dann durch Elektromotoren die Lokomotivräder antreibt, hat die auf sie gesetzten Hoffnungen arg enttäuscht. Wohl war ihr Gang stets sehr ruhig, da bei ihr die sogenannten störenden Bewegungen fortfallen,



224. **Die schnellste Lokomotive der Welt.**
Erbaut von der Baldwinfabrik in Philadelphia 1897 für die Philadelphia- und Reading-Bahn.

aber die wirtschaftliche Ausnutzung der Dampfenergie durch die elektrische Zwischenform war eine ungünstige, denn von den in den Cylindern ihrer Dampfmaschine entwickelten 1350 Pferdestärken wurden bei 100 km Stundengeschwindigkeit (auf wagerechter Strecke) nur 530 Pferdestärken auf den Zughaken übertragen, d. h. nur 39 % der Dampfmaschinenarbeit wurden ausgenutzt. Dagegen werden von den neueren Verbundlokomotiven der Paris-Lyon-Mittelmeer Bahn 52 % dieser Arbeit nutzbar gemacht, indem von 1000 in den Dampfcylindern gewonnenen Pferdestärken 520 Pferdestärken an den Zughaken abgegeben werden. Zieht man das dreimal größere Eigengewicht und den wesentlich höheren Beschaffungspreis der Heilmann-Lokomotive in Betracht, so wird klar, daß diese Ausnutzungsform der elektrischen Arbeitsübertragung die Dampflokomotiven nicht verdrängen wird, ebensowenig wie dies der Speicherbetrieb (Akkumulatoren) vermag. Die Art des elektrischen Betriebes, welche sich mit Erfolg bei Berg-, Straßen-, Industrie- und Stadtbahnen, sowie einzelnen Vorortlinien eingebürgert hat (unmittelbare Zuführung der Energie aus einer Speiseleitung), bedarf für das allgemeine Eisenbahnnetz noch weiterer Ausbildung und Erprobung. Auch militärische Rücksichten sprechen hier mit.

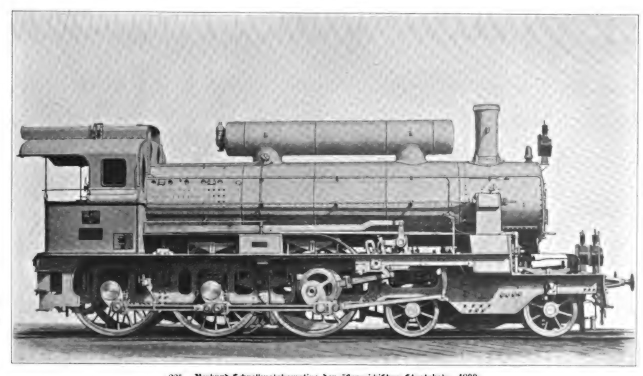
Die erstaunlichen Fortschritte, die seit den Tagen von Rainhill bis zur Gegenwart im Oberbau und Maschinenwesen gemacht sind, lassen sich am schnellsten aus nachstehender Übersicht ersehen, die für eine englische Hauptbahn (für 1831 und 48 nach Clark) aufgestellt ist.

Digitized by Google

	im Jahre		
	1831	1848	1898
Schienengewicht auf das laufende Meter	17,4 kg	25 kg	44,6 kg
Schienenlänge	4,5 m	6,1 m	9,1 m
Durchschnittliches Gewicht der Personenzüge ohne Lokomotive . .	11 000 kg	58 000 kg	140 000 kg
Durchschnittliches Gewicht der Personenwagen einschl. Drehgestellwagen	3300 „	4000 „	20 000 „
Durchschnittliche Geschwindigkeit der Personenzüge	26 km	48 km	64 km
Höchstgeschwindigkeit der Personenzüge	38 „	80 „ (vereinzelt)	120 „
Durchschnittsgewicht der Lokomotive ohne Tender	7100 kg	18 300 kg	38 600 kg
Höchstgewicht der Lokomotive ohne Tender	7100 „	35 560 „ (Crampton-Lok.)	55 000 „
Heizfläche, durchschnittlich	25 qm	75 qm	105 qm
Dampfdruck	3,5 Atm.	6 Atm.	14 Atm.

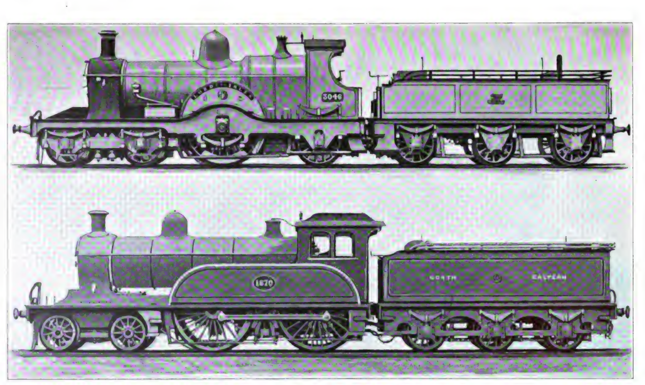
Die vorstehend unter 1898 gegebenen Zahlenwerte werden vielfach übertroffen durch andere Länder. In Bezug auf Höchstwert der Fahrgeschwindigkeit und Gewicht der Lokomotiven steht augenblicklich Amerika obenan. Dort wird seit 1897 zwischen Philadelphia und Atlantic City während der Badezeit ein Schnellzug gefahren, dessen durchschnittliche Geschwindigkeit 111 km i. d. Stunde beträgt, während die auf dem Gefälle beobachtete Höchstgeschwindigkeit 130 km i. d. Stunde erreicht. Die Fahrdauer auf der 89 km langen Strecke von Camden nach der Küste, von der 41 km in der Steigung, 48 km im Gefälle und in der Wagerechten liegen, beträgt 47 bis 48 Minuten. Das Gewicht des Zuges einschließlich 103 000 kg für Lokomotive und Tender schwankt zwischen 250 000 und 310 000 kg. Abb. 224 zeigt diese zur Zeit unübertroffene Lokomotive, die 171 qm Heizfläche, 2140 mm große Treibräder und 4 Dampfcylinder besitzt, in denen eine Nutzarbeit bis etwa 1300 Pferdestärken entwickelt werden kann. Ihr an Leistung gleich kommt die neue $^3/_5$ Schnellzuglokomotive der österreichischen Staatsbahn (Abb. 225). Das Dienstgewicht ohne Tender beläuft sich auf 69 800 kg, mit Tender auf 100 000 kg, die Heizfläche auf 207,9 qm und die Rostfläche auf 3,1 qm. Die Lokomotive vermag einen Wagenzug von 207 000 kg Gewicht auf 10‰ Steigung mit 65 km, auf 22‰ Steigung mit 34 km i. d. Stunde zu fahren, wobei sie 5500 kg bezw. 8200 kg Zugkraft entwickelt und bis zu 1300 Pferdestärken leistet (vergl. S. 105). Bemerkenswert ist der über dem Kessel liegende lange Dampfsammler. Gegen Abkühlung ist er durch einhüllende Wärmeschutzmasse möglichst gesichert. Das Aussehen der Lokomotive hat dadurch freilich nicht gewonnen, namentlich sticht es sehr ab gegen die schmucken, einfachen Formen englischer Lokomotiven, von denen Abb. 226 u. 227 zwei Muster wiedergeben, darunter die Singlemaschine (Lokomotive mit einer Treibachse).

Seit zwei Jahren werden in Nordamerika ungemein schwere $^4/_6$ Güterzuglokomotiven gebaut. Abb. 228 zeigt diese „Mastodon-Bauart“ und zwar die der Great-Northern Bahn mit 305 qm Heizfläche und 96 500 kg Gewicht. Diese Werte sind aber schon wieder auf anderen Bahnen überholt. So laufen auf der Illinois Centralbahn $^4/_6$ Lokomotiven mit 105 200 kg Gewicht (ohne den Tender) und fast 11 000 kg Treibraddruck. Ihr Kessel hat 2,3 m Weite, 424 Heizröhren, 325 qm Heiz- und $3^1/_2$ qm Rostfläche; seine Oberkante liegt 4 m (!) über den Schienen (vergl. hiermit Abb. 171). Der Tender faßt nach amerikanischer Angabe rund 30 cbm Wasser und 12 000 kg Kohlen. Es sind dies zur Zeit die schwersten Schlepptender-Lokomotiven der Welt.



225. Verbund-Schnellzuglokomotive der österreichischen Staatsbahn, 1899.

Digitized by Google



226 u. 227. Englische Schnellzuglokomotiven.
226. L. d. Great-Western-Eisenbahn, 1895. 227. L. d. North-Eastern-Eisenbahn, 1896.

IX 29

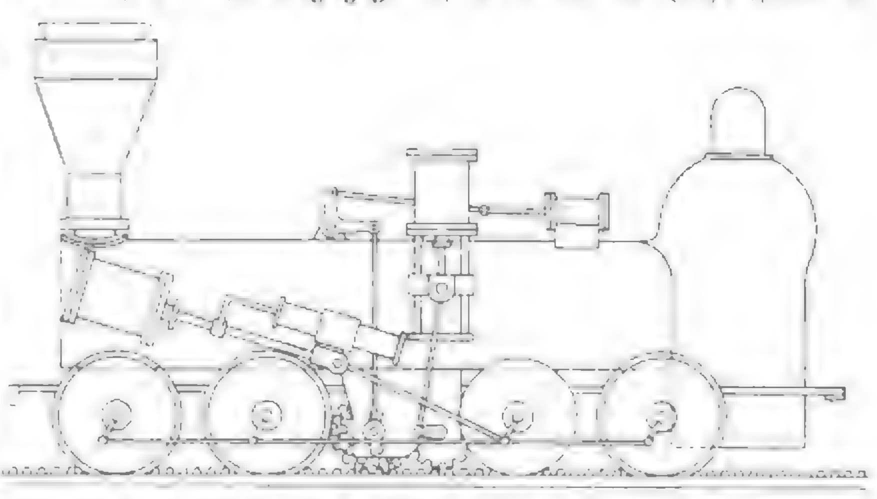
Digitized by Google

228. Zwölfrädrige amerikanische Güterzuglokomotive (Mastodon-Lokomotive), 1898.
Erbaut von der Brooksfabrik in Dunkirk.

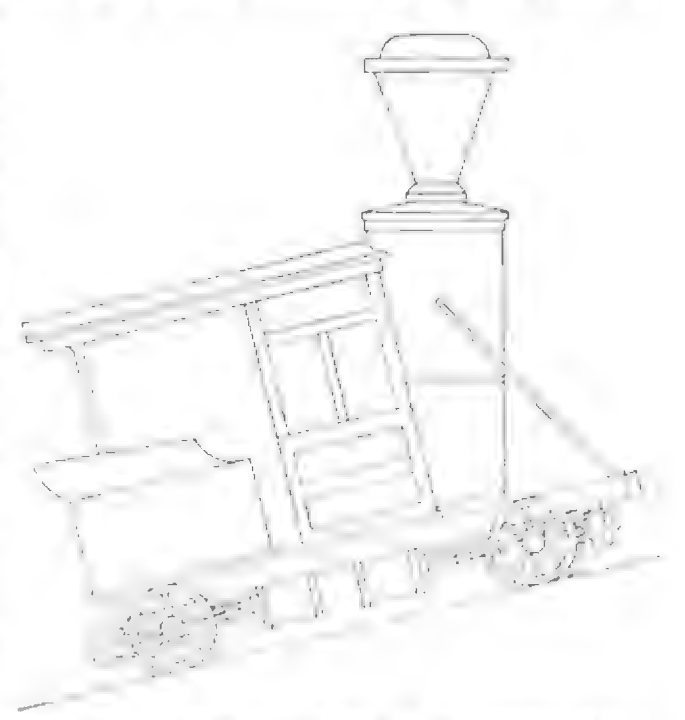
Digitized by Google

Geschichte der Zahnradlokomotive.

Die Geschichte der Zahnradlokomotive hängt eng mit der im ersten Abschnitt S. 130 ff. gegebenen Geschichte der Zahnbahnen zusammen. Blenkinsop hatte 1811 seine erste Lokomotive dieser Art bei Murray in Bestellung gegeben, sie wurde ein Jahr später in Betrieb gesetzt. Auf stark ansteigender Strecke vermochte sie zwar ihre Last mit einer Fahrgeschwindigkeit bis 5 km in der Stunde zu befördern, auf wagerechter Bahn war sie aber zu langsam, besaß zudem erhebliche Mängel, die ihrer Verbreitung hinderlich waren. Die nächste und wirklich brauchbare Zahnradlokomotive wurde 36 Jahre später nach Catcarts Entwurf von der Baldwin-Fabrik (Philadelphia) für die früher schon genannte Steilrampe (60 °/₀₀) der Madison-Indianapolis Bahn gebaut. Der Antrieb der sämtlich miteinander gekuppelten Räder erfolgt nach Abb. 229 durch zwei neben der Rauchkammer liegende Cylinder. Der Vorderkessel war gegen heutige Verhältnisse sehr lang (Heizrohrlänge 5200 mm). Etwa in der Mitte der 30 500 kg schweren Lokomotive lag das Antriebzahnrad, das von zwei senkrecht gelagerten Dampfcylindern mittels zweier Rädervorgelege in Umdrehung versetzt wurde und in die, in der Gleismitte eingebaute, gußeiserne Zahnstange eingriff. Ein fünfter (!) Cylinder (oben auf dem Kessel) diente dazu, das Zahnrad beim Eintritt in die Steilrampe zu senken, beim Verlassen derselben zu heben, um die Lokomotive auf den schwächer geneigten, ohne Zahnstange verlegten Strecken als gewöhnliche Reibungslokomotive zu betreiben. Wir haben also hier bereits eine vereinigte Zahnrad- und Reibungslokomotive, wie sie in verbesserter Form 28 Jahre später von Riggenbach, dann in vollkommenster Art 1885 von Abt und zwar zuerst in Deutschland eingeführt wurde.



229. Cathcarts Lokomotive für die Madison-Indianapolis-Bahn, 1847. (Erste vereinigte Reibungs- und Zahnradlokomotive.)



230. Zahnradlokomotive der Mount Washington Bahn. Dritte Bauart, 1871.

Die erste brauchbare reine Zahnradlokomotive zugleich für schmiedeiserne Zahnstange wurde 1867 von Marsh und Aiken für die Bergbahn auf den Mount Washington entworfen, nachdem sich eine 1866 von einer Bostoner Fabrik gelieferte Zahnradlokomotive nicht bewährt hatte. Diese letztere war von der denkbar einfachsten Anordnung und erinnerte an die seltsamen Lokomotiven jenes Landes, die um das Jahr 1830 aufgetaucht waren. Der senkrecht stehende Kessel war um zwei Zapfen drehbar, damit er sich auf den verschieden steil angelegten Zahnrampen stets wieder senkrecht einstellen konnte. Eine [illegible]

Digitized by Google

fehlte und im Zusammenhang damit auch ein Wasserbehälter. Die Kesselspeisung konnte daher immer nur nach beendigter Fahrt und Ablassen des Dampfes erfolgen. Diese groben Mängel zwangen denn auch bald zu der neuen Bauart, die von Marsh und dem Ingenieur Aiken erdacht, 1868 zur Ausführung gebracht und in Dienst gestellt wurde. Diese zweite Bergbahnlokomotive, auch mit stehendem Kessel ausgerüstet, erhielt zur Sicherung der Thalfahrt die von Marsh erfundene Luftgegendruckbremse, die wir seitdem bei allen Dampflokomotiven für Zahnbahnen wiederfinden. In die Abdampfleitung (rechts in Abb. 231) ist ein Rohrstutzen mit Verschlußvorrichtung eingeschaltet. Bei der Thalfahrt, auf der allein die Schwerkraft den Zug abwärts treibt, wird dieser Verschluß vom Führer nach der Außenluft hin geöffnet, und die Steuerung auf Bergfahrt gelegt. Die Dampfkolben saugen jetzt Luft an und pressen sie zusammen, wodurch ihnen ein Bewegungswiderstand erwächst. Diese Preßluft kann der Führer langsamer oder schneller ins Freie treten

231. Lokomotive der Rigibahn, 1871.
Erbaut von der Schweizer Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur.

lassen und somit die Fahrgeschwindigkeit des Zuges sicher und gut regeln. Die bei dem Zusammendrücken der Luft vor sich gehende starke Wärmebildung wird durch Einspritzen von Wasser in die Cylinder beseitigt, indem dieses verdampft und ins Freie entweicht.

Die Lokomotive vom Jahre 1868 wog 6500 kg und vermochte eine gleich schwere Last mit etwa 3 km/Std. bergauf zu schieben, bergab dagegen mit doppelter Geschwindigkeit zu fahren. Im Jahre 1871 änderte Marsh die Lokomotive dahin ab, daß er nach Abb. 230 zwei Blindachsen anordnete, welche je die Arbeit zweier Cylinder aufnehmen und durch ein Zahnrad auf je ein Treibzahnrad übertragen. Der stehende Kessel ist so zum Radgestell gelagert, daß er auf der Neigung 100 $^0/_{00}$ (1 : 10) senkrecht gerichtet ist. Auf wagerechtem Gleise steht er somit schief — eine bekannte Erscheinung fast aller seitdem erbauten Zahnradlokomotiven, die ihnen in dieser Stellung ein wenig gefälliges Ansehen verleiht, die aber durchaus notwendig ist, damit auch auf der steilsten Steigung die Decke der Feuerbüchse und die oberen Siederöhren nicht vom Wasser entblößt werden.

Digitized by Google

Unter Anlehnung an die Mount Washington Lokomotive vom Jahre 1868 hat Riggenbach seine bekannte Berglokomotive für die Rigibahn entworfen, sie aber jener gegenüber wesentlich verbessert. Sie ist in Abb. 231 wiedergegeben. Vorn ist der Gepäckraum, hinten der Führerstand angebracht. Die beiden Dampfcylinder treiben hier eine Blindachse an, durch die mittels zweier Zahnradgetriebe die hintere Radachse mit dem 64 cm großen Hauptzahnrade in langsame Umdrehung versetzt wird. Die vier Laufräder sitzen lose auf den Achsen, sie dienen nur zum Stützen der Lokomotive, also lediglich zur Übertragung ihres Gewichtes auf die Schienen. Die Fortbewegung wird allein durch das in die Zahnstange eingreifende Treibzahnrad veranlaßt. Der Radstand beträgt 3 m, das Gewicht (dienstbereit) 16 600 kg.

Bei den reinen Zahnradlokomotiven wird die Arbeit der Dampfkolben nicht unmittelbar auf die Radachsen übermittelt, sondern stets durch eine Zwischenübertragung

232. Lokomotive mit Doppelschwinge der Gornergratbahn, 1898.*)

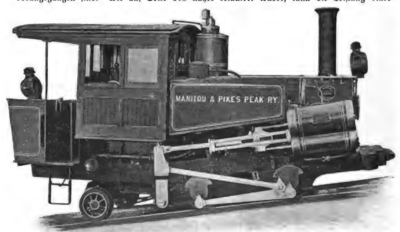
ins Langsame. Dieselbe kann statt durch Zahnradgetriebe — wie bei den Marsh- und Riggenbachschen Lokomotiven — auch nach Abb. 232 durch einen doppelarmigen oder nach Abb. 233 durch einen einarmigen Schwinghebel — Abtsche Lokomotiven — bewirkt werden. Der Dampfkolben gibt dann seine Arbeit an den längeren Hebelarm ab, während der kürzere Arm sie mittels Lenkstange auf die Treibräder überträgt. Während somit der erstere einen größeren Weg zurücklegt, vollführt der kurze Hebelarm in derselben Zeit einen kleineren Ausschlag, bewegt sich also langsamer, als der Kolben. Schwinghebel gestatten größere Geschwindigkeiten, Zahngetriebe arbeiten weniger stoßend. Wollte man die Dampfarbeit wie bei der Reibungslokomotive unmittelbar auf das treibende Zahnrad übertragen, so dürften sich die Kolben in den Dampfcylindern nur langsam bewegen, da der Zahnstangenbetrieb keine hohe Geschwindigkeit verträgt. Zur

*) Diese Lokomotive wurde während der Bauarbeiten am Gornergrat (Zermatt) benutzt und dient als Ersatz, wenn der elektrische Betrieb versagen sollte.

Digitized by Google

Erzielung derselben Leistung müßte daher die Druckfläche für den Dampf, das ist die Kolbenfläche, erheblich vergrößert werden, wodurch die ganze Maschine groß und teurer würde. Ein zweiter Nachteil wäre aber noch der, daß die Verbrennung auf dem Roste infolge der geringeren Zahl der Dampfauspuffe oder „Dampfschläge" eine weniger lebhafte, die Dampfentwickelung des Kessels und damit die Leistungsfähigkeit der Lokomotive also vermindert sein würde. Eine Ausnahme von vorstehender Regel machen nur die S. 233 genannten neueren Lokomotiven der Padangbahn (Sumatra). Hier wird das Zahnrad ohne Verlangsamung der Kolbengeschwindigkeit angetrieben. Die Dampferzeugung hat man dafür durch eine verhältnismäßig große Rostfläche zu verstärken gesucht.

Hohe Kolbengeschwindigkeiten beherrschen heutigestags den gesamten Dampfmaschinenbau, ebenso sind hohe Umlaufszahlen der Arbeitswellen in Fabriken und an den Arbeitsmaschinen in allen Industrieländern jetzt üblich, nachdem Amerika, dann England hiermit bahnbrechend vorangegangen sind. Wie auf Seite 173 näher erläutert wurde, kann die Leistung einer



283. Vierzylindrige Lokomotive mit einarmiger Schwinge der Pikes Peak Bahn, 1898. Erbaut von der Baldwin-Lokomotivfabrik in Philadelphia.

Maschine, die durch das Produkt Kraft mal Sekundengeschwindigkeit dargestellt wird, erreicht werden sowohl durch große Geschwindigkeit, dann ist die Kraft klein, als auch durch kleine Geschwindigkeit, dann fällt die Kraft groß aus. Die Größe der Kraft ist aber für die Abmessungen aller dieselbe übertragenden Teile maßgebend. Je größer jene ist, desto kräftiger müssen die letzteren ausgeführt sein. Auch die Lager, Gestellrahmen u. s. w. werden dann schwerer. Kraftmaschinen mit geringen Umlaufgeschwindigkeiten bauen sich daher für dieselbe Nutzleistung teurer und schwerer, als solche mit großer Geschwindigkeit. Zwei Beispiele einfachster Art mögen das Gesagte erläutern.

1) Soll eine Arbeitsleistung von zehn Pferdestärken durch eine schmiedeiserne Welle von einer Kraftmaschine auf eine Arbeitsstelle geleitet werden, so erhält diese Welle bei einer minutlichen Umdrehungszahl von

n =	50	150	400	24 000
einen Durchmesser von	85	65	50	8 mm.

Je nach der Geschwindigkeit, mit der man die Welle laufen läßt, erhält man also eine wesentlich größere oder schwächere Abmessung. Läßt man umgekehrt die 85 mm starke Welle mit 400 Umdrehungen in der Minute laufen, so vermag sie 100 Pferdestärken, also das 10fache zu übertragen. Umdrehungszahlen von 24 000 in der Minute kommen bei den Dampfturbinen vor.

2) Die Dampfmaschine von Torpedobooten, welche die Schiffsschraube antreibt, und deren Kurbelwelle bis 350 Umläufe in der Minute macht, wiegt durchschnittlich nur 6 bis 8,5 kg auf eine Pferdestärke. Bei langsam laufenden Land-Dampfmaschinen beträgt aber dieses auf jede geleistete Pferdestärke entfallende Eigengewicht je nach Bauart das 10 bis 25fache.

Digitized by Google

Allerdings sind bei der Schiffsmaschine Stangen und Zapfen durchbohrt, um dadurch das Gewicht etwas zu mindern, und das Schwungradgewicht fällt fort. So wiegt die 1900 von Borsig-Berlin in Paris ausgestellte Dampfmaschine mit 40 000 kg schwerem Schwungrade insgesamt 310 000 kg und leistet bei 40 minutlichen Umdrehungen ihrer Kurbelwelle 2000 bis 2800 Pferdestärken; das gibt 110 bis 155 kg auf eine Pferdestärke. Die gleich kräftige Maschine eines Torpedojägers macht 340, also $8\frac{1}{2}$ mal so viel Umdrehungen in der Minute und wiegt nur 15 000 kg, das ist nur 5 bis $7\frac{1}{2}$ kg auf eine Pferdestärke.

Man spart durch große Geschwindigkeiten also an Raum und Anlagekosten und wendet sie deshalb heutigestags innerhalb gewisser Grenzen so viel als möglich, sowohl im allgemeinen Maschinenbau als auch im Lokomotivbau, an.

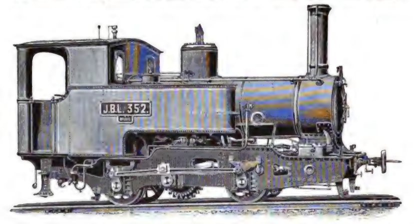
Bei den Reibungslokomotiven einzelner amerikanischer und englischer Schnellzüge ist man zur Zeit bei 7 m/sec. Kolbengeschwindigkeit angelangt; das ist ein sehr großer Wert vom Standpunkt des Maschinenkonstrukteurs aus. Noch vor 25 Jahren ging man nicht gern über 4 m, stieg dann auf 5 m, um auch diese Grenze vor kurzem noch erheblich zu überschreiten.

234. Lokomotive der Pilatusbahn.
Erbaut von der Schweizer Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur.

Der stehende Kessel der Rigilokomotiven erwies sich trotz verschiedener Vorzüge im Betriebe nicht so vorteilhaft wie der liegende, der mittlerweile auf anderen Bergbahnen, zunächst der Arth-Rigibahn durch Riggenbach und 1875 durch Marsh auf dem Mount Washington zur Anwendung gekommen war. Er wurde deshalb vor einigen Jahren durch eine zur Längsachse querliegende Bauart ersetzt, wie sie in ähnlicher Anordnung auch die Lokomotiven der Pilatusbahn besitzen (Abb. 234). Die Pilatuslokomotive ist im Gegensatz zu den anderen Zahnradlokomotiven mit dem Personenwagen unmittelbar verbunden (vergl. S. 140). Da wegen der starken Steigung dieser Bahn = 480 ‰ (fast 1 : 2) der Wagen sehr leicht gebaut, die Antriebskraft aber dennoch verhältnismäßig groß sein muß, so ist die Masse des 34 Sitzplätze enthaltenden Wagens zu gering, um die unvermeidlichen „störenden" Bewegungen der Lokomotive genügend abzuschwächen. Dieselben übertragen sich vielmehr auf die Reisenden, und auf keiner Bahn wird diese unangenehme Zu-

Digitized by Google

gabe mehr empfunden als hier. Im Sommer 1898 bemühte sich deshalb die Bahnverwaltung, das Stoßen u. s. w. durch Einschaltung von Spiralfedern zwischen Wagenkasten und Lokomotivgestell zu mildern. Die Versuche scheinen zu einem günstigen Ergebnis zu führen. Allerdings wird diese Unannehmlichkeit beim Fahren auf der erstaunlich kühn angelegten, durch eine wunderbar schroffe Gebirgswelt führenden Bahn von den meisten Reisenden nicht so sehr empfunden, da die Sinne durch die fortwährend sich ändernden Landschaftsbilder voll gefangen genommen werden und der Genuß einer Pilatusfahrt und der ersehnte Ausblick vom Gipfel über diese „Kleinigkeiten" hinweghilft. Man vergleiche nur die Abb. 98 u. 99, welche zwei der kühnsten Bahnstellen wiedergeben. Auch bei dieser Lokomotive, deren zwei wagerecht liegende Zahntreibräder in die fischgrätenförmige Zahnstange eingreifen — zwei ähnliche Räder laufen als Bremsräder unter dem vorderen Wagenteil — ist eine Übersetzung ins Langsame und zwar im Verhältnis 1 : 3¾ gewählt. Die Lokomotive mit besetztem Wagen wiegt dienstbereit 11 600 kg und kann bei 1 m Sekunden-Fahrgeschwindigkeit auf der Steigung 1 : 2 eine Zugkraft



235. Lokomotive der Brünigbahn, 1888. Bauart Riggenbach.

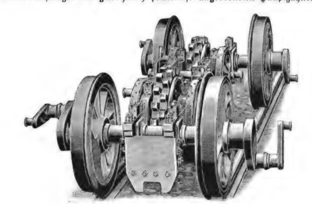
von 6500 kg ausüben. Die Bremsvorrichtungen sind hier besonders sorgfältig durchdacht und ausgeführt. Sie werden jeden Tag im Betriebe auf ihren guten Zustand geprüft.

Die Lokomotiven anderer Zahnbahnen, wie die auf den Drachenfels, den Niederwald bei Rüdesheim, den Snowdon, den Gaisberg bei Salzburg, den Schafberg, den Kahlenberg, nach dem Csorba See (Tatra) u. s. w. haben einen Dampfkessel ähnlich dem gewöhnlicher Lokomotiven. Sie gleichen der 1875 von Riggenbach für die Arth-Rigibahn entworfenen Bauart.

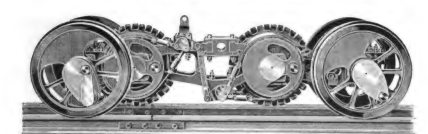
Die im Abschnitt „Zahnbahnen" schon kurz erwähnte „vereinigte Zahnrad- und Reibungslokomotive" unterscheidet sich äußerlich wenig oder gar nicht von den gewöhnlichen Reibungs-Tenderlokomotiven. Die 1875 von Riggenbach gebaute Lokomotive dieser Art überträgt die Dampfarbeit ihrer beiden Cylinder auf ein Zahnradvorgelege, das seinerseits mit verminderter Geschwindigkeit das Hauptzahnrad antreibt. Letzteres steht wie in Abb. 235 durch Kurbeln und Kuppelstangen in unmittelbarer Verbindung mit den Reibungsrädern der Lokomotive, so daß auch diese zu Treibrädern werden und sich gleichzeitig mit dem Hauptzahnrade umdrehen. Auf den Steilrampen wird dadurch die Zugkraft erhöht, auf den Reibungsstrecken, wo allein die Reibungsräder wirken, muß freilich das Hauptzahnrad mit den beiden Zahnrädervorgelegen infolge der steifen Kuppelung ständig leer mitlaufen. Hierin liegt aber das früher erwähnte Hindernis für die erwünschten größeren Fahrgeschwindigkeiten auf der Reibungsstrecke.

Digitized by Google

Die vorerwähnten neueren Lokomotiven gemischter Bauart der Padangbahn zeigen den umgekehrten Antrieb: die Dampfarbeit wird in gewöhnlicher Weise unmittelbar auf die Reibungsräder übertragen, die ihrerseits dann durch Kuppelstangen das Zahnrad antreiben. Die Lokomotiven arbeiten demnach in der Zahnstrecke langsam, können aber in der Reibungsstrecke schneller laufen als die nach Bauart Riggenbach. Abt stattete seine Lokomotive mit zwei voneinander gänzlich unabhängigen Zwillings-Dampfmaschinen aus; die eine davon treibt die Reibungsräder, die andere ohne Zahnradvorgelege durch Kurbeln und Lenkstangen die gewöhnlich paarweise angeordneten Hauptzahnräder. Der



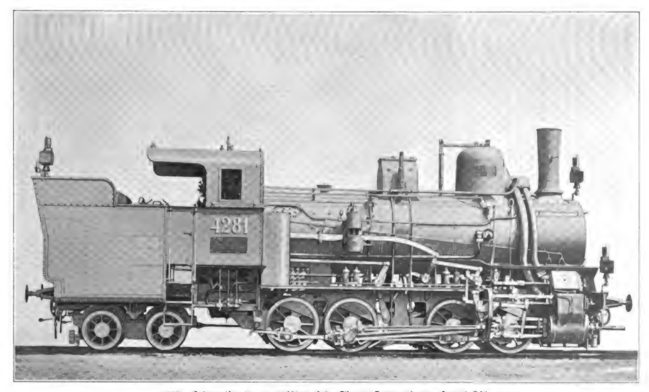
236. Abts Zahnradantrieb. Vorderansicht.



237. Abts Zahnradantrieb. Seitenansicht mit den Bremsscheiben der Zahnradachsen.

Führer läßt nach Bedarf beide Maschinen gleichzeitig arbeiten (Steilrampe) oder nur die Reibungsmaschine allein. Im letzeren Falle kann die Lokomotive ganz wie eine solche gewöhnlicher Bauart laufen, also mit entsprechend großen Geschwindigkeiten, während auf den Rampen die Reibungsmaschine wirksam den Zahnradantrieb unterstützt. Es ist hier also große Leistung gepaart mit großer Geschwindigkeit, und dadurch haben die vierzylindrigen Abtschen Lokomotiven sich bereits ein so großes Feld erobert. Sie gleichen äußerlich den Lokomotiven gewöhnlicher Anordnung; denn die Zahnradmaschine liegt innerhalb des Rahmengestelles, ist also dem Auge verborgen. Die Hauptzahnräder bestehen aus 2 bis 3 schmalen Scheiben, die gegeneinander etwas verdreht sind, wie im „Oberbau“ näher erläutert ist und durch die Abb. 236 u. 237 veranschaulicht wird. Ihr unmittelbarer Antrieb durch die Dampfcylinder ist mit Bezug auf die oben erörterte Feueranfachung hier zulässig, da die Reibungsmaschine ja ununterbrochen mit arbeitet. Während der Zahnstangenfahrt entströmt daher dem Blasrohr Dampf aus vier Cylindern,

Digitized by Google



238. Lokomotive der ungarischen Bahn Tiszolcz-Zolyom brezo, Bauart Abt.

Digitized by Google

was die Dampfbildung genügend sichert. Die Zahnräder sind hier im Gegensatz zu den Riggenbachschen Lokomotiven der Abb. 235 in einem besonderen **nicht** gefederten Rahmen (Abb. 236) gelagert. Der Zahneingriff ist daher unabhängig von dem Federspiel der Lokomotive, somit ein besserer als bei ersterer Bauart.

Eine der neuesten und zugleich stattlichsten Abtschen Lokomotiven für gemischten Betrieb zeigt Abb. 238. Es ist die $^4/_6$-Tenderlokomotive der schon S. 135 genannten ungarischen Bahn Tiszolcz-Zolyom brezo. Der Kohlen- und Wasserkasten liegt hinter der Feuerkiste und wird durch ein Drehgestell (mit Laufrädern) gestützt; mithin ist die während der Fahrt eintretende Verminderung der Tendervorräte von geringem Einfluß auf das Reibungsgewicht der Treibachsen, und damit auf die Zugkraft. — Abtsche Lokomotiven mit entsprechend breitem Zahnrade sind auch für die Leiterzahnstange ausgeführt worden, so z. B. für die Berner Oberlandbahnen und die Höllenthalbahn. Klose-Stuttgart hat 1890 eine dem gleichen Zwecke dienende 4cylindrige Lokomotive für die St. Gallen-Gaisbahn entworfen, bei der zugleich eine höchst sinnreiche, freilich auch etwas verwickelte Radialeinstellung der Radachsen zur Ausführung gebracht ist, wie sie u. a. auch neuere württembergische Gebirgslokomotiven besitzen. —

Zur Vervollständigung des Lokomotivbildes ist schließlich noch folgendes zu erwähnen:

In den letzten 20 Jahren sind überall die für die Betriebssicherheit so überaus wertvollen durchgehenden Bremsen (S. 257) eingeführt; ferner ist bei den Personenzügen die Dampfheizung hinzugekommen, die in der Regel von der Lokomotive gespeist wird, desgleichen hat man vielfach selbstthätige Zentralöler für die Dampfcylinder und deren Schieber angebracht. Verbesserte Führerhäuser, die in Amerika zuweilen fast luxuriös eingerichtet werden, schützen das Personal gegen die Unbilden der Witterung und enthalten alle die Druckmesser, Hebel, Stellrädchen und Griffe, die zur Bedienung einer Lokomotive notwendig sind, wie die Manometer für den Kesseldruck, für die Pressung in dem Hauptbehälter und in der Leitung der Luftdruckbremsen u. s. w., ferner die Wasserstandszeiger, den Händel oder die Schraube für die Umsteuerung, die Ventile und Hähne für die Pumpen und deren Wasser- und Dampfröhren, die Griffe für die Dampfpfeife, den Sandstreuer, die Klappen des Aschkastens (zur Regelung des Luftzuges), den Hilfsbläser zum Anfachen des Feuers beim Stillstand der Lokomotive, die Ablaßhähne der Dampfcylinder, um das übergerissene oder niedergeschlagene Wasser aus ihnen zu entfernen, u. s. w. u. s. w. Beachtet man, daß der Führer alle diese verschiedenen Druckmesser, Wasserstandszeiger, Öler, die Feuerung, das Arbeiten der Luftpumpe u. s. w. ins Auge fassen muß, aber auch während der Fahrt die Gleisstrecke und deren Signale, sowie das Verhalten der ganzen Lokomotive aufmerksam zu beobachten hat, so wird klar, daß heutigestags die Bedienung derselben viel Aufmerksamkeit, Sachkenntnis, starke Nerven und nicht selten große Geistesgegenwart erfordert.

Endlich sei noch angedeutet, daß man sich in der Neuzeit bemüht, die sogenannten störenden Bewegungen der Lokomotive, das Schlingern, Wogen, Wanken, Nicken u. s. w. durch zweckentsprechende Bauart, sowie sorgfältigere Ausgleichung der bewegten Triebwerksteile durch Gegengewichte in den Rädern u. s. w. möglichst einzuschränken, um dadurch die Sicherheit des Fahrens zu erhöhen und die Radreifen, vor allem auch das Gleis mehr zu schonen. Auch hierfür bietet die oben erörterte viercylindrige Lokomotive den anderen Arten gegenüber mehrfache Vorteile.

Die vorstehenden beigefügten Abbildungen bieten einen lehrreichen und bemerkenswerten Vergleich nicht nur zwischen einst und jetzt, sondern auch zwischen den Ausführungen, die sich in den betreffenden Ländern allmählich ausgebildet haben.

Das Endergebnis dieses Vergleichs gipfelt in der erneuten Erkenntnis, daß seit der ersten Trevithikschen Lokomotive in allen Eisenbahnländern rastlos und emsig die Entwickelung dieses modernen Kulturträgers gefördert ist. Nicht mühelos entstand das heute so vollkommen durchgebildete Dampfroß, sondern nur durch ununterbrochene Arbeit — nicht eines einzelnen Mannes, vielmehr einer gewaltig großen Schar von Ingenieuren aller Eisenbahnländer.

Wagen.

Schon Blenkinsop hatte auf seiner im Jahre 1812 eröffneten Zahnbahn den Versuch einer Personenbeförderung gemacht, wie Abb. 239 uns zeigt. Bei der geringen Geschwindigkeit seiner Lokomotive — bis 5 km in der Stunde — konnte jedoch von einem regelrechten Personenverkehr keine Rede sein. Er beschränkte sich infolgedessen auch auf das Befördern von Kohlenzügen. Ein geregelter öffentlicher Personenverkehr wurde zum erstenmal auf der 1825 in Betrieb genommenen Stockton-Darlingtonbahn eingerichtet. Die Wagen nach Art der Abb. 240 wurden wegen des gleichen Fehlers der Stephensonschen Lokomotiven durch Pferde gezogen, wie bereits oben dargelegt wurde. Erst seit den Rainhiller Tagen des Jahres 1829 wurde es möglich, auf einmal mehrere hundert Reisende und große Gütermassen fortzuschaffen mit einer bis dahin unbekannten und derzeit unerhörten Geschwindigkeit. Unsere Tafel veranschaulicht uns das äußere Gepräge der ersten, von Lokomotiven gezogenen Personenzüge jener Zeit. Unförmig und wenig behaglich erscheinen uns diese Fahrzeuge: ohne Polsterung, zum Teil ohne Fenster, selbst ohne Dach und Sitze, weder beleuchtet noch geheizt, schlecht gefedert; die Reichen in eigenen Equipagen fahrend, die auf offene Güterwagen gestellt und auf diesen befestigt waren, die weniger Bemittelten auch auf dem Dache untergebracht, mitunter sogar, wie auf der Scarborough-Whitbybahn, in einer Art Kiepe, die hinten an den Wagen gehängt war. Und doch, welchen Fortschritt stellten sie im Verkehrswesen dar!

239. Blenkinsops Zahnbahn, 1812.

Die großen Vorteile, die durch die Eisenbahnen jetzt für Handel, Industrie und Landwirtschaft offenbar wurden, schnellten den Verkehr gewaltig empor. Immer weitere Kreise bedienten sich der schnellen Bahnzüge, die Ansprüche an die Reisebequemlichkeiten wurden gesteigert. Allmählich griffen, oft auch nachdrücklichst unterstützt durch behördliche Vorschriften, in der Bauart und Ausstattung der Wagen Verbesserungen Platz, die weiter gepflegt, in der Neuzeit zu den auch verwöhnten Ansprüchen genügenden Luxuswagen — Schlaf-, Speise-, Salon- und Krankenwagen — geführt haben. Der Güterverkehr, anfangs nur in roh gefügten vierräderigen Karren vermittelt, stellte gleichfalls mit der Zeit höhere Anforderungen an die Transportmittel. Für die wertvolleren, der Beschädigung oder dem Verderben leicht ausgesetzten Waren, namentlich auch für bestimmte Tiere wurden bedeckte Wagen gebaut, die, was sanften Lauf und innere Anordnung anbetrifft, ihre Höchstausbildung schließlich in den im Winter geheizten, im Sommer durch Eis gekühlten Sondergüterwagen, in den innen ringsum gepolsterten Wagen für Luxuspferde u. s. w. gefunden haben. Heute sind unsere Viehwagen teilweise besser eingerichtet und gewähren mehr Schutz gegen die Unbilden der Witterung, als ein Teil der damaligen Personenenwagen. Die beiden Hauptgattungen der Eisenbahnwagen — Personen- und Güterwagen — sind in nachstehendem getrennt behandelt.

Digitized by Google

Digitized by Google

Personenwagen.

Während in Europa, den hier herrschenden Klassengegensätzen entsprechend, die Wagen bis in die Mitte der 70er Jahre fast ausschließlich nach dem von England aus verbreiteten Abteilsystem mit verschiedenen Klassen gebaut wurden, stellte man in dem demokratischen Amerika das Wageninnere als einen einzigen, nicht durch hohe Querwände geteilten Raum her. In der ganzen Wagenlänge zog hier ein Durchgang zwischen den Sitzplätzen hin (Durchgangswagen), der von außen durch Thüren in den Stirnwänden zugänglich war.

Die ersten englischen Personenwagen wurden den alten Postkutschen nachgebildet derart, daß jedes Abteil auch äußerlich wie ein Postwagenkasten, Berline genannt, sich darstellt. Das Dach diente zur Aufnahme des Reisegepäcks und auch von Reisenden. Eine sehr verbreitete Bauart dieser Wagen, die sich seit Ende der 30er Jahre auch in Deutschland allgemein Eingang verschafft und hier noch lange erhalten hat, besaß nur drei Abteile, die, falls für die erste Klasse eingerichtet, je 6 Sitzplätze enthielten. Ein solcher Wagen konnte 18 Reisende im Inneren aufnehmen. Im Gegensatz hierzu faßten die amerikanischen Durchgangswagen 60 bis 70 Reisende, hier war daher das auf jeden Sitzplatz entfallende „tote Gewicht“ erheblich geringer, als bei den kurzen englischen Abteilwagen, was den wirtschaftlichen Betrieb der Personenzüge günstig beeinflussen mußte.

240. Erster Personenwagen der Stockton-Darlington-Eisenbahn. 1825.

Die Wagen zweiter Klasse waren anfangs auf den europäischen Bahnen vielfach ohne Fenster, dafür zwischen Dach und Bordwand offen, oft auch ohne ein Dach. Ein solches fehlte den Wagen dritter Klasse regelmäßig (Abb. 241), dabei waren die Wagen niedrig und schmal. Noch Ende der 40er Jahre wurden auf den Stationen der Leipzig-Dresdener Bahn Gesichtsmasken und Schutzbrillen den Reisenden angepriesen als Schutz gegen Zugluft und den Funkenauswurf der Lokomotiven.

Die den Verhandlungen des „Institution of Mechanical Engineers“ 1898 entnommenen Abb. 241 u. 242 zeigen in sehr charakteristischer Weise die äußerliche Entwickelung der Personenwagen einer Hauptbahn Englands in der Zeit von 1839 bis 1897. In 6 Jahrzehnten ist hier die Wagenlänge von noch nicht 4 m auf 18 m gewachsen, die Zahl der Räder eines Wagens von 4 auf 12 (Speisewagen) gestiegen. Ähnlich wie bei dieser einen Bahn ist (abgesehen von deren Drehgestellen der 70er Jahre) auch der Entwickelungsgang im übrigen England, in Deutschland und den anderen älteren Eisenbahnländern.

Man ging in der Folge allgemein zu geschlossenen und verglasten Wagenkasten über, machte die Abteile breiter, länger und höher, vermehrte ihre Zahl auf 5, selbst 7, führte Heizung, Beleuchtung und Lüftung ein, gute Polsterung in den oberen Klassen und fügte schließlich auch in den lange Strecken durchfahrenden Wagen Wasch- und Aborträume ein; dem folgte die Einstellung von Schlaf-, Speise- und Aussichtswagen, um endlich in der Neuzeit in den amerikanischen Luxuszügen mit ihren Bade-, Rasier-, Schreib-, Bibliothek- und Musikräumen, denen jetzt sogar Theater- und Kapellenraum sich zugesellt haben, den Gipfel der Bequemlichkeit und Reisezerstreuung zu erhalten. Allerdings durchlaufen diese Züge auch meistens so lange Strecken, daß den oft mehrere Tage an sie gefesselten Reisenden Gelegenheit zu Zerstreuungen, Beschäftigungen u. s. w. geboten werden muß,

Digitized by Google

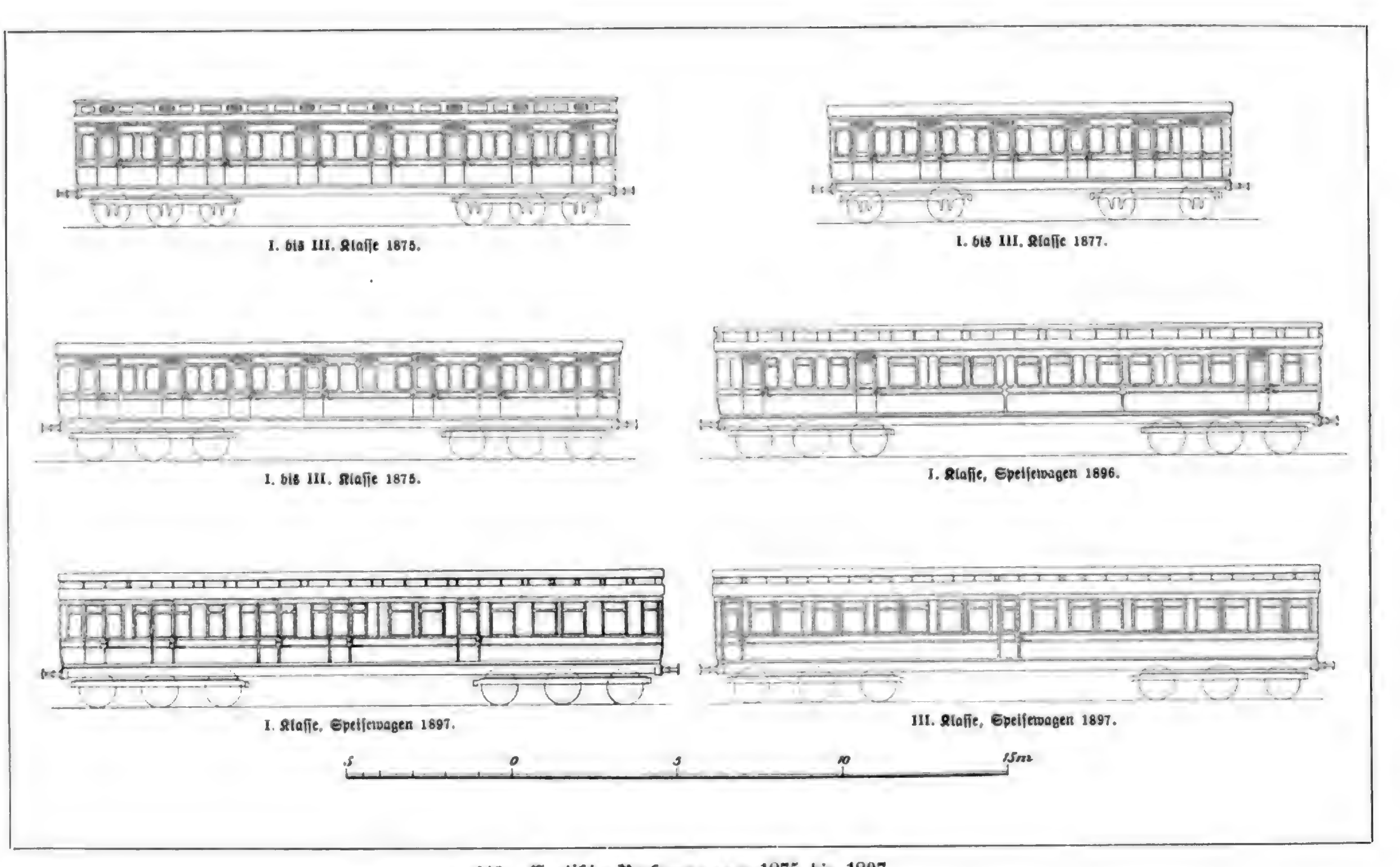
I. Klasse 1839.
II. Klasse 1839.
III. Klasse 1842.
II. Klasse 1848.
II. u. III. Klasse 1848.
I. Klasse 1848.

I. Klasse 1848.
II. Klasse 1848.
III. Klasse 1848.
II. Klasse 1858.
I. u. II. Klasse 1861.

III. Klasse 1865.
I. Klasse 1867.
II. Klasse 1867.
I. bis III. Klasse 1874.

5 0 5 10 15m

241. Englische Personenwagen 1839 bis 1874.



242. Englische Personenwagen 1875 bis 1897.

Digitized by Google

um diese kostspieligen Züge in der Gunst des Publikums zu erhalten. Fährt man doch von New York nach San Francisco 4 Tage lang. Auch die Luxuszüge der neuen transsibirischen Eisenbahn weisen ähnliche Luxuseinrichtungen auf. Sie führen sogar einen besonderen „Kirchenwagen" mit Altar, Orgel u. s. w.

Hand in Hand mit der Steigerung der Reisebequemlichkeiten ging die Vervollkommnung der technischen Durchbildung aller Konstruktionseinzelheiten. Es sei hier nur auf die Stoß- und Zugvorrichtungen (Buffer und Wagenkuppelungen), die Federung, die Bremsen, die Einführung des Eisens an Stelle des Holzes im Gestellbau, des Stahles an Stelle des Schmiedeisens für Achsen und Radreifen, ferner auf die mannigfachen Räderanordnungen und deren Lagerung, auf die Achsbuchsen, dieses Schmerzenskind der Eisenbahnen, hingewiesen. Schritt für Schritt trat Besseres an Stelle des Minderwertigen, nur langsam konnte die durch Erfahrung und Theorie erprobte Vervollkommnung zur Einführung gelangen, jede Neuerung verursachte bei der Ausdehnung des Wagenparks große Kosten. Alle vorgenannten Teile haben ihre besondere Entwickelungsgeschichte, vor allem die Beleuchtung, Heizung, die Bremsen und die Achslagerung.

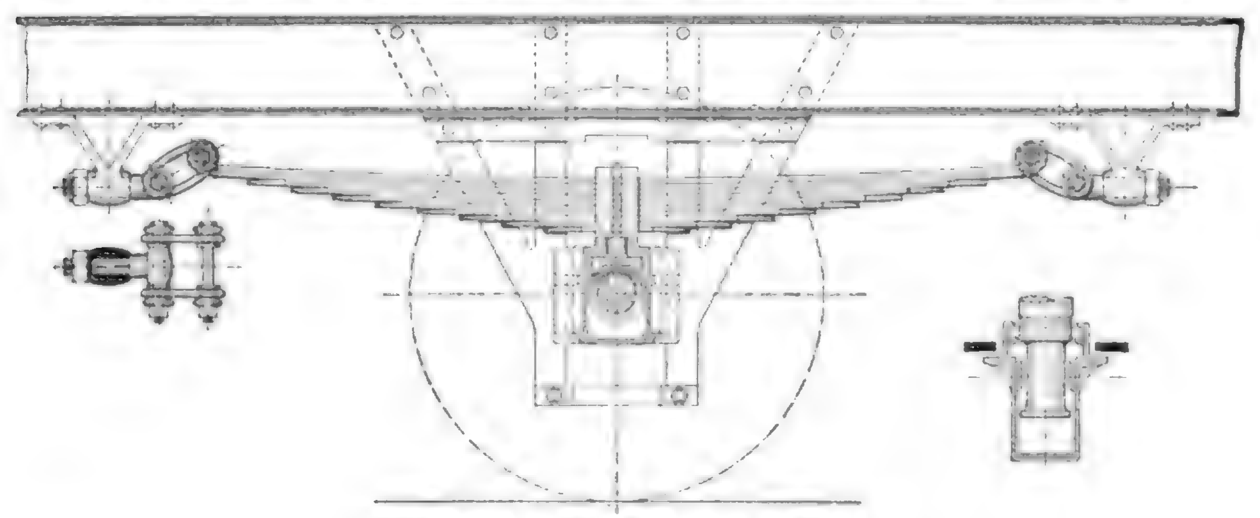
Gangart der Wagen. Anzustreben ist bei jedem Wagen ein möglichst ruhiger, sanfter Gang. Die störenden Bewegungen, die seine Räder in senkrechter Richtung durch die Schienenstöße und Unebenheiten des Gleises, durch die Schienenüberhöhung in den Gleisbögen, in wagerechter Richtung durch das Schlingern der Fahrzeuge im geraden Gleise und durch die Wirkung der Fliehkraft im gekrümmten erleiden, sollen sich möglichst wenig auf das Wageninnere übertragen, dabei soll das entstehende Geräusch möglichst gedämpft werden. Nichts verleidet eine Eisenbahnfahrt, nächst schlechter Luft, Staub und ungeeigneter Temperatur im Wagen mehr, als das Schütteln und Schwanken der Wagenkasten, das Dröhnen, Hämmern, Fensterklirren, das manchem Wagen, besonders auf schlechtem Oberbau, eigentümlich ist. Durch zweckmäßige Federung — lange, stark belastete Tragfedern, durch doppelte Fußböden und Seitenwände mit schalldämpfender Füllung, vor allem durch zweckmäßige Lagerung der Räder im Untergestell hat man heutigestags in den besseren Wagen diese Übelstände wesentlich gemildert. Namentlich seitdem man erkannt hat, daß ein langer Radstand und kurze überhängende Massen im Verein mit leicht in den Gleisbögen einstellbaren Rädern (Drehgestelle, Lenkachsen) besonders geeignet sind, einen sanften Gang zu erzeugen, hat der Wagenbau einen erheblichen Erfolg zu verzeichnen. Die englischen Wagenbilder (Abb. 241 u. 242) zeigen diese allmähliche Vergrößerung des Radstandes und die Anwendung des Drehgestells in übersichtlicher Weise.

Solange man nicht einstellbare Räder verwendete, war man gezwungen, die Wagen und ihren Radstand kurz zu halten, damit ihr Widerstand in den Gleisbögen und der unvermeidliche Verschleiß an Schienen und Rädern nicht zu groß ausfiel. Mit dem Anwachsen des Verkehrs wurden die Wagen, um mehr Reisende in ihnen unterzubringen, länger gebaut (in der Breite waren sie durch das Querprofil der Tunnel, Brücken u. s. w. begrenzt). Nunmehr machten sich die eben genannten Übelstände unangenehm geltend. Dazu kam, daß die längeren Wagen nach Einführung größerer Fahrgeschwindigkeit, die gegen Ende der 70er Jahre allgemein erfolgte, ein starkes Schwanken beim Durchfahren der Kurven zeigten, was lebhafte Klagen der Reisenden hervorrief. Man mußte auf Abhilfe sinnen. Das amerikanische Drehgestell war zwar bekannt, stand auch u. a. auf den württembergischen Bahnen bei den langen Durchgangswagen bereits in Anwendung. Dasselbe aber bei Wagen anzuwenden, deren Gewichtslast nur zwei, allenfalls drei Achsen erforderte, war nicht begründet. Zwei Drehgestelle mit ihren 4 Achsen verteuern einen solchen Wagen und vergrößern dessen Eigengewicht erheblich. Zur allgemeinen Einführung der langen Drehgestellwagen konnte man sich damals noch nicht entschließen. Man suchte den Zweck durch verstellbare Einzelachsen zu erreichen, und siehe da, die anfangs schüchtern angestellten Versuche gelangen vollkommen.

Fünfzig Jahre hindurch hatte es als felsenfester Grundsatz gegolten, die zwei- und dreiachsigen Wagen nur mit „steifen Achsen" laufen zu lassen, d. h. den Radachsen in den Achsbüchsführungen nur den, zwecks Vermeidung des Zwängens durchaus notwendigen

kleinsten Spielraum zu geben, damit die parallele Lage der Achswellen untereinander, sowie ihre „feste" winkelrechte Stellung zur Längsrichtung des Wagenkastens peinlichst genau gewahrt bliebe. Nunmehr brach sich — Anfang der 80er Jahre — eine neue Anschauung Bahn. Der Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen (vergl. S. 275) wies 1885 auf Grund mehrjähriger eingehendster Versuche die Unrichtigkeit des ein Menschenalter hindurch gläubig befolgten Satzes vom „Parallelismus der Achsen" nach, indem er die Überlegenheit der in Kurven einstellbaren Achsen in Bezug auf wirtschaftlichen Betrieb, wie auf sanftes Fahren gegenüber der steifen Anordnung klarlegen konnte. Doch bis zur endgültigen Einführung dieser „freien Lenkachsen" vergingen noch eine Anzahl Jahre. Erst nachdem durch weitere mühevolle Versuche der sächsischen, ungarischen und der Reichs-Eisenbahnen Vereinfachungen und Verbesserungen in der Anordnung dieser frei beweglichen Achsen getroffen waren, konnte endlich 1896 auf der mit der 50jährigen Jubelfeier des genannten Vereins verbundenen Generalversammlung in Berlin die allgemeine Einführung der freien Lenkachsen, selbst für Wagen mit kurzem Radstande für das ganze Vereinsgebiet allseitige Zustimmung und Genehmigung finden.

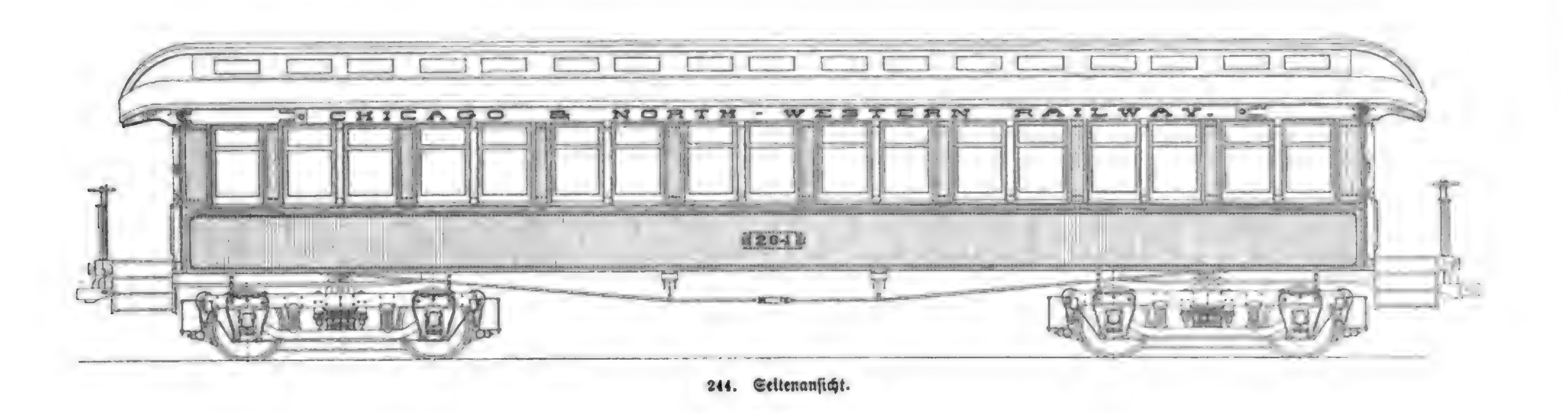
Auf den preußischen Staatsbahnen waren übrigens schon seit Mitte der 80er Jahre dreiachsige Wagen mit Lenkachsen in Gebrauch, die sich durch sehr ruhigen Gang den zwei-



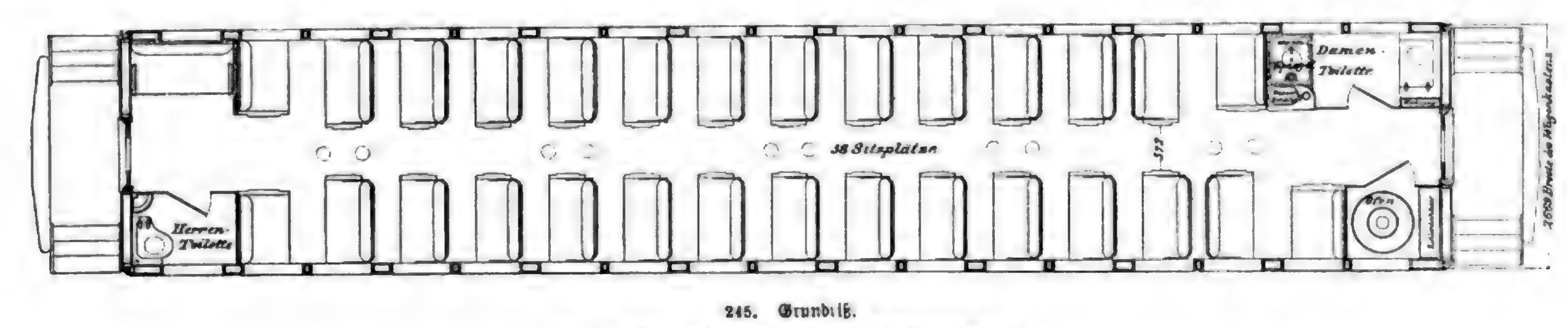
243. Freie Lenkachsen für Personenwagen.

achsigen, steifen Wagen gegenüber auszeichneten. Abb. 243 zeigt ihre Anordnung, wie sie heute allgemein bei uns üblich geworden ist. Die Achsbuchsen haben danach so großen Spielraum in ihren Führungen, daß die Radachsen in Gleisbögen dem Drucke der Spurkränze gegen die Schienen nachgeben und sich „radial", d. h. mit ihrer Längsachse nach dem Mittelpunkte des Gleisbogens gerichtet, einstellen können. Da die Tragfedern mit den Achsbuchsen fest (aber um eine Senkrechte drehbar) verbunden sind, so werden jene hierbei etwas schief gestellt. Diese Verdrehung zwingt die Achsen, beim Wiedereintritt in das gerade Gleis, in ihre normale mittlere Lage zurück. Man sieht, diese Anordnung ist einfach und doch wirksam, ihre wirtschaftlichen Vorteile sind ganz erhebliche.

Sorgfältig durchgeführte Vergleichsversuche auf der an Gleiskrümmungen besonders reichen Berliner Stadt- und Ringbahn ergaben zu gunsten der freien Lenkachsen eine Brennstoffersparnis der Lokomotiven von $10\frac{1}{2}$%. Da die Lokomotiven dieser Bahnen jährlich rund 48 Millionen kg Koks verfeuern, 1000 kg aber etwa 24 Mark kosten, so lassen sich hier in einem Jahre über 100000 Mark allein an Koks ersparen. Dazu kommt noch der geringere Verschleiß der Räder und Schienen, ferner der große Vorteil des sanften und ruhigen Ganges der Wagen und ein erheblich geringeres Kreischen der an den Kurvenschienen anschleifenden Räder. Welch beträchtliche Ersparnis durch Verwendung der Lenkachsen in dem gesamten großen Vereins-Wagenpark erzielt wird, bedarf hiernach wohl keiner näheren Erörterung. Sehr treffend bemerkt daher Wöhler, der frühere maschinentechnische Leiter der Reichseisenbahnen, einer der ausgezeichnetsten Eisenbahn-Ingenieure unserer Zeit: „Die Einführung der freien Lenkachsen gehört zu den-



244. Seitenansicht.



245. Grundriß.

244 u. 245. Amerikanischer Personenwagen.

jenigen Fortschritten, von denen man nicht begreift, weshalb sie nicht schon längst gemacht wurden, die aber gerade, weil sie so natürlich sind, zu den wertvollsten gehören."

Im Gegensatz zu allen anderen Eisenbahnländern haben die **nordamerikanischen** Bahnen aus den früher erörterten Gründen bereits von Anfang an Drehgestelle, sowohl für ihre Personen- als auch Güterwagen verwendet und dementsprechend auch stets lange Wagen mit großem Radstand gebaut. Abb. 244 u. 245 zeigen den jetzigen landläufigen amerikanischen Personenwagen.

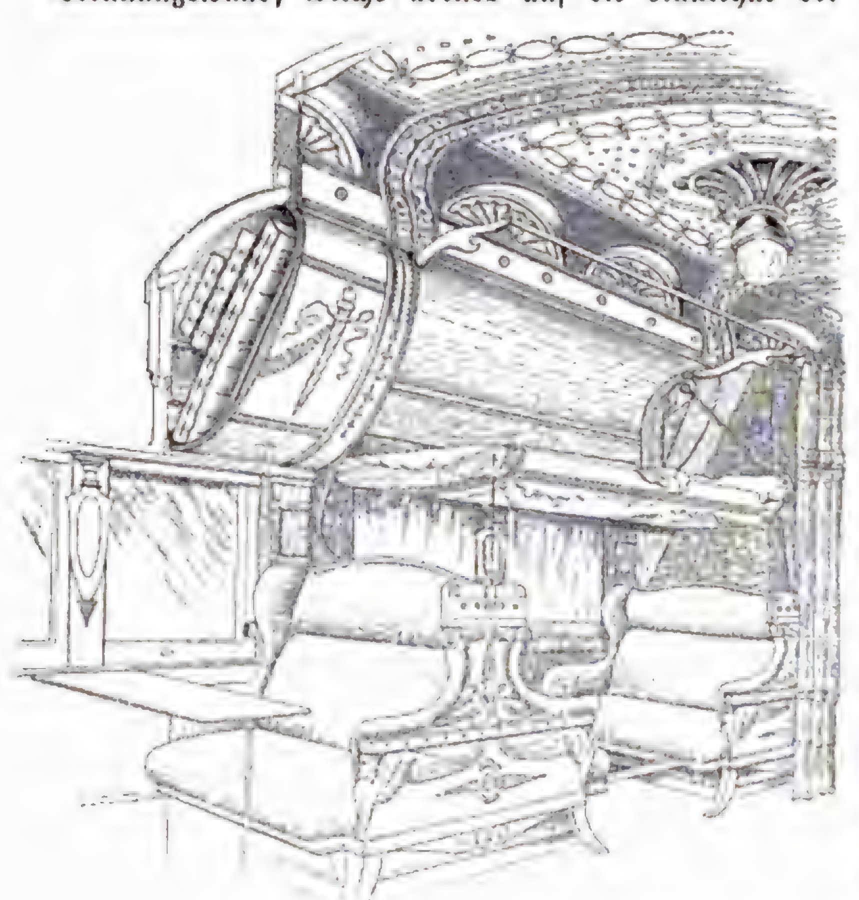
Nach dem 1891 erschienenen Werke: „The railways of America" sind Durchgangswagen mit Mittelgang zuerst im Jahre 1835 auf der Boston-Albany Bahn in Benutzung genommen. Man hatte ihre innere Anordnung nach dem Vorbilde der damaligen Schiffskajütten gewählt. Die bis dahin auf den wenigen amerikanischen Eisenbahnlinien benutzten Wagen waren teilweise noch unvollkommener als die der Liverpool-Manchester Bahn vom Jahre 1830. Die Dampfboote auf den nordamerikanischen Flüssen und Seen boten im Gegensatze dazu bereits große Bequemlichkeiten, wie Speisesäle, Schlafräume u. s. w., und wurden infolgedessen vom Publikum bevorzugt. Um letzterem zu begegnen, führte die Cumberland-Valley-Bahn in Pennsylvanien 1836 Schlafwagen ein, allerdings noch in etwas mangelhafter Einrichtung. Die Schlafplätze waren in drei Reihen übereinander angeordnet und nur mit Strohsack, später Matratze ausgestattet. Die Besorgung der Bettwäsche nebst Kissen war Sache der Reisenden. Die Verhältnisse erfuhren aber gründlichen Wandel, als **Pullmann** *) 1858 die nach ihm benannten Prachtwagen einführte. Sie liefen anfangs zwischen Chicago und Buffalo. In den nächsten Jahren verbreiteten sie sich nach den Hauptbahnen jenes Landes. Im Jahre 1867 traf Pull-

*) Pullmann war aus Deutschland eingewandert und hatte sich durch Fleiß und Unternehmungsgeist aus bescheidenen Verhältnissen zum Leiter und Besitzer seiner Weltruf genießenden Waggonfabrik in Pullmannstadt bei Chicago emporgearbeitet.

246. Englischer Personenwagen mit verstellbaren Endachsen.

Digitized by Google

mann weitere Verbesserungen. Seine Wagen wurden mit doppelter Einrichtung versehen, so daß sie am Tage als Salonwagen, nachts als Schlafwagen dienen. Abb. 247 u. 252 zeigen das Innere eines solchen Wagens, und zwar Abb. 247 halb für den Tages- und halb für den Nachtverkehr hergerichtet. Die Sitzplätze liegen zu beiden Seiten des Mittelganges und werden nachts gegen diesen durch Vorhänge abgeschlossen. Ein unteres Schlaflager wird durch Herausziehen der Sitzkissen zweier gegenüber liegender Sessel unter Verwendung der Rückenpolster gebildet, während ein zweites Lager darüber durch Herabklappen der oberen, mit Matratze versehenen Seitenwand geschaffen wird. Wie die Abbildung erkennen läßt, liegen hinter dieser tagsüber hochgeklappten Matratzenwand die zur Vervollständigung der Lager notwendigen Kissen und Decken, ebenso eine Trennungswand, welche abends auf die Rücklehne der Sessel gestellt wird, um die einzelnen Schlaflager paarweise von einander zu scheiden. Die Ausnutzung derartiger Wagen ist zwar eine recht gute, aber das Entkleiden kann nur auf dem Lager selbst vorgenommen werden, ist daher unbequem. — In Europa sind die Schlafwagen mit Abteilen zu je vier Lagern und mit Seitengang versehen, was nicht nur eine bessere Absonderung der Reisenden gestattet, sondern auch den letztgenannten Übelstand vermeidet. Die oberen Lager werden durch Aufklappen der Rückenlehnen gebildet. Kissen und Decken liegen bei Tage unter den Sitzen.



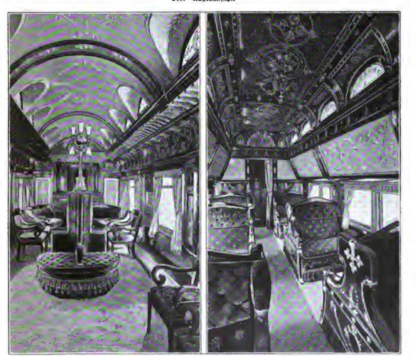
247. Amerikanische Schlafwageneinrichtung. Nach „Eisenbahntechnik der Gegenwart".

Um weiteren gesteigerten Reiseansprüchen zu genügen, baute Pullmann gegen den Anfang der 70er Jahre auch Speisewagen, in denen der Reisende während der Fahrt bequem ein warmes Mittagsmahl wie an einer Hoteltafel einnehmen kann. Dem Beispiele Pullmanns sind später in Amerika noch Wagner und Man mit dem Bau von Luxuswagen gefolgt. Sie suchen sich gegenseitig mit der Prachtausstattung ihrer Wagen zu überbieten. Was hierin geleistet wird, lassen die Abb. 248 bis 253 erkennen. Sie zeigen das Äußere und Innere zweier sechsachsiger Pullmann-Wagen, die in Bezug auf Ausstattung und Bequemlichkeit wohl ihresgleichen suchen. Die Pullmann-Gesellschaft hat die Unterlagen zu den Abbildungen freundlichst dem Verfasser zur Verfügung gestellt. Luxuswagen dieser Art werden jetzt ganz allgemein als Pullmann-Wagen bezeichnet. Sie fanden etwa ein Jahrzehnt später vereinzelt Eingang auf englischen Bahnen, zunächst als Tagessalonwagen, später auch als Speise- und Schlafwagen. Jetzt führen die englischen Hauptlinien sogar besondere Speisewagen für Reisende der dritten Wagenklasse, wie die Abb. 242 zeigt. Einen vierachsigen englischen Salonwagen, jedoch mit Einzelachsen (Endachsen radial verstellbar), zeigt Abb. 246. Sein Wagenkasten ist noch besonders durch zwölf senkrechte Federn gegen das Untergestell abgefedert. Die Räder sind aus Holz nach Abb. 277 hergestellt.

Durchgangswagen mit Mittelgang fanden auf einigen europäischen Festlandbahnen Ende der 60er Jahre Eingang, allerdings zunächst für den gewöhnlichen Reiseverkehr,

Digitized by Google

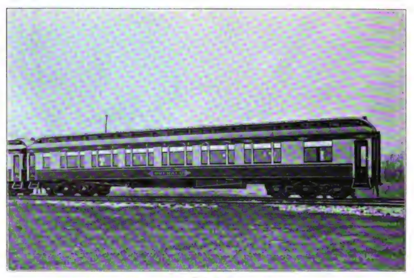
248. Außenansicht.



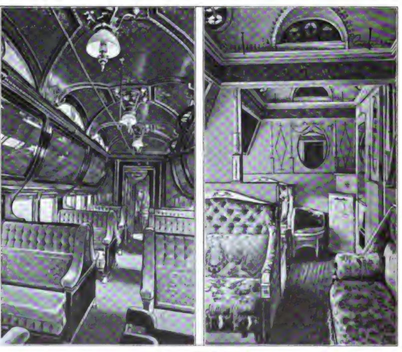
249 u. 250. Innere Einrichtung.

248 bis 250. Amerikanischer Luxuswagen von Pullmann.

Digitized by Google



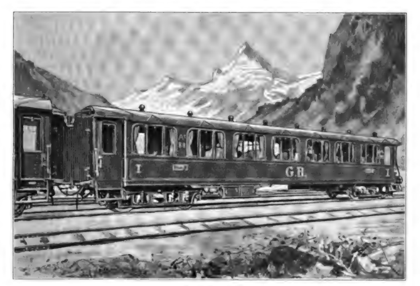
251. Äußere Ansicht.



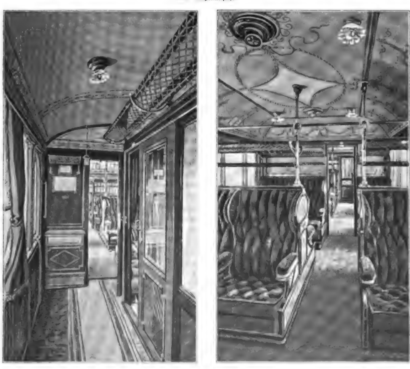
252 u. 253. Innere Einrichtung.

251 bis 253. Amerikanischer Luxuswagen von Pullmann.

Digitized by Google



254. Außenansicht.



255 u. 256. Innere Einrichtung.

254 bis 256. D-Wagen der Gotthardbahn.

Digitized by Google

nicht als Luxuswagen. So wurde auf den Bahnen in Württemberg und in der Schweiz diese Bauart eingeführt. Doch besaßen diese Wagen nur ein einfaches Drehgestell, das ein sanftes Fahren ermöglichende Gestell mit Wiege und doppelter Federung, wie solches weiter unten zu Abb. 258 näher erläutert ist, fehlte ihnen. Im allgemeinen sind Wagen mit Mittelgang, abgesehen von den Speisewagen, in Nordeuropa nicht beliebt; die Reisenden lieben hier mehr die Absonderung, ziehen Abteile den einheitlichen Wagenräumen vor. Erstere geben für längere, besonders nächtliche Reisen weniger Störung durch zu- und abgehende Reisende. Anderseits hat das reine Abteilsystem den Nachteil, daß es die Reisenden an den kleinen Sitzplatz bannt und von den anderen Fahrgästen des Zuges isoliert. Vor allem aber birgt es, wenn nicht Bahnsteigsperre oder das englische Kartenkontrollsystem eingeführt ist, schwere Nachteile für das Zugpersonal, da dieses während der Fahrt auf den außen befindlichen Trittbrettern von Wagen zu Wagen mit Lebensgefahr gehen muß. Die Verlustziffern der Schaffner durch Abstürzen von den Trittbrettern sind nicht gering. In der Schweiz sind Abteilwagen in den Tageszügen überhaupt verboten. (Nachtzüge verkehren nur auf den wenigen durchgehenden Linien, wie auf der Gotthardbahn u. s. w.) Hier kann der Zugbeamte vermittelst der Plattformen gefahrlos von Wagen zu Wagen gelangen. Preußen ist dann vor einigen Jahren mit der Bahnsteigsperre und einem Verbote des Trittbrettbegehens während der Fahrt in löblicher Weise vorangegangen, die Reichslande sind gefolgt, und hoffentlich wird jenes gefährliche Kontrollverfahren im Interesse der Fahrbeamten bald überall verschwunden sein.

Wagen mit Seitengang. Schon 1870 schlug der verdienstvolle Ingenieur Heusinger von Waldegg Durchgangswagen vor, die auch die Vorteile der Abteilwagen boten. Der Durchgang war an eine Längswand gelegt, auf ihn mündeten die Seitenthüren der Abteile. Vier Jahre später wurde der erste Wagen dieser Bauart in Deutschland (Hessische Ludwigsbahn) in Betrieb gesetzt, doch brach sich erst nach 1890 deren allgemeine Einführung Bahn, nachdem die Durchgangswagen der amerikanischen Luxuszüge von preußischen Maschinenbaubeamten 1891 an Ort und Stelle eingehend geprüft worden waren.

Luxuszüge. Pullmann hatte 1887 den ersten Luxuszug gebaut, der als der Gipfel des Fortschrittes gepriesen wurde. Diesem folgten bald weitere Züge gleicher Art, die sich schnell die Gunst der Amerikaner erwarben. Es sind dieses die schon oben kurz erwähnten, aus Salon-, Speise-, Schlaf- und Rauchwagen zusammengesetzten Züge mit geschlossenem Verbindungsgang an den Wagenenden (Vestibule trains) und im Inneren auf das reichste und bequemste ausgestattet (vergl. Abb. 247 bis 253). Auf Grund des günstigen Berichtes vorerwähnter Beamten verfügte der preußische Eisenbahnminister den Bau ähnlicher geschlossener Züge. Es sind dieses die heute bei uns so beliebten und in größerer Zahl verkehrenden D-Züge mit Drehgestellwagen und durch Faltenbälge eingehüllten Übergangsbrücken an den Enden, vom Volksmunde aus letzterem Grunde auch Harmonikazüge genannt. Wagenkasten und Drehgestelle sind deutscherseits selbständig durchgebildet worden. Die D-Wagen gestatten ein sicheres, gegen Luftzug geschütztes Wandern der Reisenden durch den ganzen Zug, ohne Störung der Personen in den Abteilen. Da die Plätze nach amerikanischem Vorbilde numeriert sind, so kann man sich im Zuge auch noch nach der Abfahrt einen passenden Platz wählen, soweit die Besetzung es gestattet. Da die Züge auch Speisewagen (Abb. 257) bezw. Kücheneinrichtung führen, so kann man in ihnen bequem sich leiblich erfrischen.

Das Reisen in solchen D-Zügen ist keine Unbequemlichkeit mehr. Ihre Benutzung in Preußen ist auch so stark, daß aus dem verwaltungsseitig erhobenen Zuschlage (1/2 bis 2 Mark, je nach Entfernung und Wagenklasse) sich die hohen Beschaffungskosten dieser Züge verzinsen. Publikum und Verwaltung haben also durch dieselben gewonnen.

In England sind derartige D-Züge zur Zeit in nur geringer Zahl, dagegen werden in die Schnellzüge vielfach Speise-, Salon- und Schlafwagen mit Drehgestellen eingestellt. D-Wagen laufen ferner in Österreich-Ungarn, in Rußland, Schweden, auf der Gotthardbahn u. s. w. Sie werden sich immer mehr Eingang verschaffen. Die seit 1897 die

letztgenannte Bahn befahrenden Luxuswagen sind in den Abb. 254 bis 256 wiedergegeben. Abb. 254 zeigt auch die äußere Anordnung der Faltenbälge, Abb. 255 den Seitengang eines nur zur Hälfte mit Abteilen versehenen Wagens, die andere Hälfte bildet hier einen einheitlichen Raum. Abb. 256 stellt das Innere eines Wagens mit Mittelgang dar. Die Bauart ist ganz ähnlich derjenigen der deutschen D-Wagen.

Eigenartig ist die Bauart der neueren Drehgestelle. Die schweren Wagenkasten ruhen nach Abb. 258 u. 260 nahe jedem Ende mittels eines Drehzapfens auf dem sogenannten Wiegebalken (W), der durch zwei Gruppen doppelter Kutschenfedern die Last auf den Drehgestellrahmen übermittelt, von dem aus sie durch Tragfedern nach Art der Abb. 243 oder Schraubenfedern nach Abb. 260 auf die Achsbuchsen und Zapfen und so durch die Räder auf die Schienen übertragen wird. Schräg gestellte Pendeleisen (P, P) zwingen die Wiege stets in ihre Mittellage zurück, wenn sie beim Durchlaufen einer Gleiskurve von ihr abgewichen ist. Die Räder und Achsen eines Drehgestelles können sich also leicht radial einstellen, so daß sie die Gleisbögen möglichst zwanglos durchfahren. Ferner schwächt die doppelte Federung die Stöße und Erschütterungen ganz wesentlich ab. Wagen, die besonders ruhig laufen sollen, wie Speise-, Schlaf-, Kranken- und Hofwagen, oder solche, die so schwer ausfallen, daß der Raddruck bei acht Rädern ungünstig groß wird, erhalten dreiachsige Drehgestelle. Beispielsweise ist der im Hofzuge des deutschen Kaisers laufende, etwa 45000 kg schwere Küchenwagen, dessen Gewicht dem einer neueren Schnellzuglokomotive gleichkommt, durch zwei je sechsräderige Drehgestelle gestützt (vergl. auch Abb. 248 u. 251). Die englischen und amerikanischen Speisewagen sind 18 bis 21 m lang, sehr schwer, daher mit dreiachsigen Drehgestellen ausgestattet. Über die Bauart der Räder vergl. näheres S. 268.

257. Inneres eines Speisewagens.

Die verschiedenen Personenwagen unterscheiden sich vorzugsweise nur in der Bauart und Einrichtung ihrer Wagenkasten. Die Untergestelle, auf denen letztere ruhen und die den Wagen lauffähig machen, sind sich sehr ähnlich und weisen bemerkenswerte Abweichungen nur in der Lagerung der Radachsen (Einzelachsen, Drehgestelle) auf. In Deutschland fertigt man die Untergestelle fast ausschließlich aus Schmiedeeisen, in England und Amerika dagegen aus Holz, das bei den Hauptträgern durch seitliche Eisenplatten verstärkt wird. Der erstere Baustoff ist dauerhafter, der letztere elastischer, erzeugt auch beim Fahren weniger dröhnendes Geräusch.

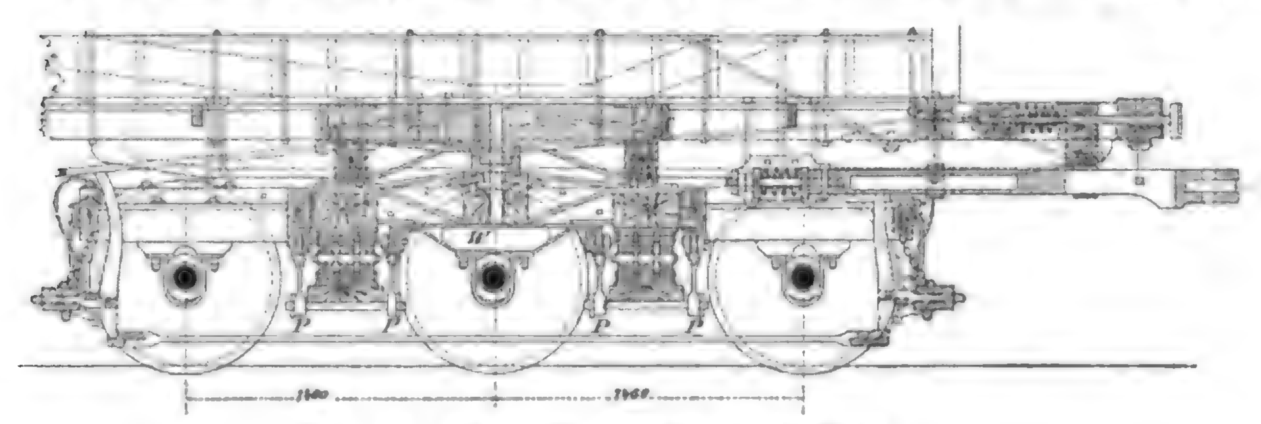
Die erste und zweite Klasse besitzen gepolsterte Sitze und Rücklehnen. In England ist auch die dritte Klasse mit schwacher Polsterung versehen, was von den Reisenden sehr angenehm empfunden wird und sich auch bestens bewährt hat. An Anregungen zur Nachahmung dieser zweckmäßigen Einrichtung, wenigstens in den Schnellzugwagen, hat es bei uns nicht gefehlt, sie haben aber maßgebenden Ortes keine Gegenliebe gefunden. Die Engländer haben schon frühzeitig auf gute Polsterung, die namentlich eine richtige Unterstützung des Rückens zuläßt, Wert gelegt. In Deutschland hat man etwa seit Mitte der 80er Jahre die Rücklehnen dementsprechend geformt (Abb. 259).

Auf manchen ausländischen Linien sieht es darin noch sehr verbesserungsbedürftig aus. Wer längere Nachtfahrten in solchen falsch aufgepolsterten Wagen zurückgelegt hat,

Digitized by Google

in denen oft nicht einmal das Herausziehen (Verbreitern) der Sitze möglich ist, weiß davon ein Lied zu singen.

Die amerikanischen Wagen — ausgenommen die der Luxuszüge — sagen dem mit deutschen Bahnverhältnissen Vertrauten in Bezug auf Sitzanordnung nicht zu. Die Sitze haben eine Rückenlehne nur bis zur Schulterhöhe, so daß man den Kopf nicht anlegen kann, was natürlich sehr unbequem ist. Man sagt drüben, die kunstvollen Frisuren und Kopfbedeckungen der Amerikanerinnen gestatteten nicht unsere hohen Lehnen, und bei der großen Rücksichtnahme, deren sich die Frauen bei den Amerikanern erfreuen, sei dieser Grund ausschlaggebend für die Bauart der Sitze gewesen. Eine ferner uns ganz ungewohnte Unbequemlichkeit der letzteren ist die, daß sämtliche Personen in die Fahrrichtung sehend sitzen. Die Rücklehnen sind umklappbar (Abb. 260) und werden beim Rücklauf der Wagen entgegengesetzt eingestellt. Die Unterhaltung wird durch solche Sitzanordnung erschwert; das Reisen an sich wird freilich für den einzelnen ungenierter, da kein Gegenüber ihn anstarren kann.



258. Dreiachsiges amerikanisches Drehgestell.

Wasch- und Aborteinrichtungen. Die auf längeren Reisen unentbehrlichen **Abort- und Wascheinrichtungen** kamen zuerst auf den amerikanischen, sodann auf den deutschen Bahnen zur Einführung. Sie fanden bald auf den österreichischen und englischen Bahnen Nachahmung. Dagegen fehlen sie noch vielfach auf südeuropäischen Linien, die überhaupt den Nordbahnen an Bequemlichkeit und Reinlichkeit nachstehen.

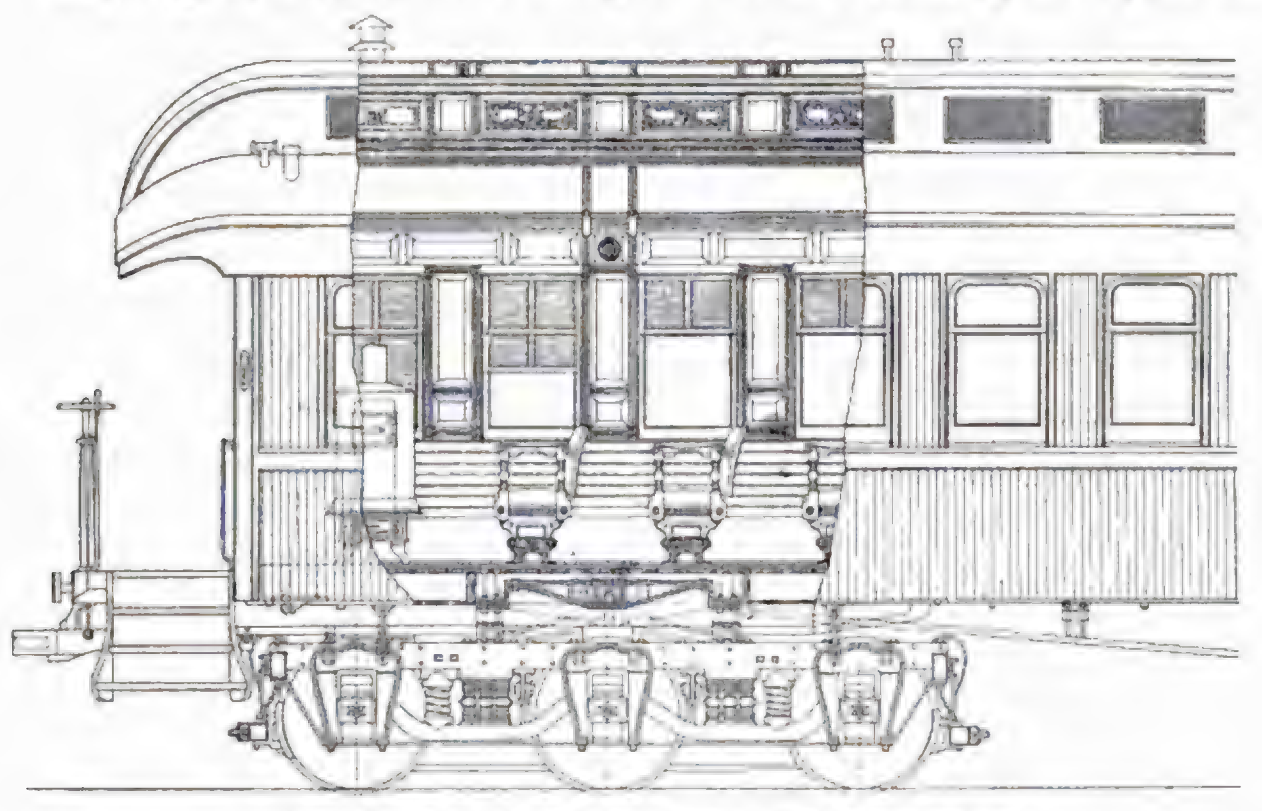
259. Polsterung in den Wagen der preußischen Staatsbahnen.

Heizung. Sehr langsam hat sich die heutige **Wagenheizung** entwickelt. Anfangs überhaupt fehlend, gelangte man verhältnismäßig spät dazu, Heizeinrichtungen vorzusehen, vielfach geschah es erst auf Anordnung der Aufsichtsbehörden. Lange Jahre kannte man dann nur die gewöhnliche Ofenheizung und Wärmflaschen. Beide Mittel sind fragwürdiger Natur.

Die **Ofenheizung**, bei der der Ofen gewöhnlich vom Wageninneren, seltener vom Dache aus bedient wird (Füllofen), erwärmt den Wagen ungleich, ist feuergefährlich, allerdings billig in der Anlage und im Betriebe und wirksam in der Lüftung, weshalb sie sich auch heute noch vielfach in den Wagen dritter und vierter Klasse vorfindet, ebenso in Gepäck- und Postwagen.

Stark verbreitet war die Heizung mittels **Wärmflaschen**. Es sind dies flache, etwa 1 m lange Blechgefäße von ungefähr 20 l Fassungsraum. Gefüllt mit heißem

Wasser, essigsaurem Natron oder Sand, werden sie zu zweien, bei starker Besetzung auch wohl zu dreien, in ein Abteil geschoben, so daß die Reisenden ihre Füße darauf stellen und diese eine kurze Zeit lang, 2—3 Stunden, warm halten können. Deshalb werden sie auch Fußwärmer genannt. Von einem Erwärmen des Wageninneren kann keine Rede sein, und zur Winterszeit, zumal bei Nacht in einem solchen Wagen zu reisen, gehört nicht zu den Annehmlichkeiten. Bleibt dann gar ein Zug vielleicht noch im Schnee stecken, so ist der lange Aufenthalt darin so ungemütlich wie möglich. Am wirksamsten ist noch die genannte Natronfüllung. Die Heizkörper werden in kochendes Wasser getaucht, wodurch die Füllung schmilzt und eine erhebliche Wärmemenge bindet. Beim späteren Abkühlen im Wagen wird diese Wärme nach und nach wieder frei, so daß eine längere Wirkung gesichert ist. Ein Wagen mit 5 Abteilen erfordert 10—15 Wärmflaschen. Ein aus 8 Wagen bestehender Zug benötigt also etwa 100 Flaschen, ihre Auswechselung auf den Füllstationen bedingt entweder viele Bedienungsmannschaften oder



260. Innere Einrichtung eines amerikanischen Personenwagens.

unnötig langen Zugaufenthalt. In milden Gegenden, wie in Frankreich und Italien mag die Sache gehen; wir finden die Fußwärmer aber auch in Holland, England und Schottland.

In Deutschland wurde in den 70er Jahren und zwar zuerst (1870) auf der vormals Rheinischen Eisenbahn durch den Ingenieur Fenten die weit bessere, freilich auch teuere **Preßkohlenheizung** eingeführt. Hierbei liegt unter jeder Sitzreihe ein Blechkasten, in den von außen ein eiserner Einsatz mit glühenden Preßkohlen geschoben wird. Die erforderliche Verbrennungsluft wird den Kohlen durch Öffnungen in der Verschlußthür zugeführt. Die Brenndauer der Preßkohle beträgt etwa 6 Stunden. Auf bestimmten Stationen werden die Kasten frisch aufgefüllt. Eine Regelung der Verbrennung während der Fahrt ist ausgeschlossen und nur auf den Haltestationen möglich. Die Heizung hat deshalb vielfach zu Klagen über Überhitzung Anlaß gegeben. Die aus Holzkohle, salpetersaurem Kali und Stärke in Ziegelform hergestellte Preßkohle ist nicht billig.

In mancher Hinsicht besser stellt sich die in verschiedenen Eisenbahnländern benutzte **Luftheizung**. Der Feuerherd — Füllofen für Steinkohle, Koks- oder Preßkohle — liegt unter dem Wagenkasten und wird von einer Außenseite desselben beschickt. An ihn ist ein Heizcylinder angeschlossen, durch den die Feuergase streichen und der von einem

Digitized by Google

weiteren Blechmantel umgeben ist. In den Zwischenraum beider Cylinder wird durch Luftfänger die Außenluft eingeführt, hier erwärmt und durch Verteilungsrohre nach den einzelnen Abteilen des Wagens geleitet. Die Verbrennungsgase ziehen durch ein über das Wagendach hinausragendes Rohr ab. Zum Schutz gegen Abkühlung sind Ofen und Mantel mit schlechten Wärmeleitern, Schlackenwolle, Kieselguhr u. s. w. gut umhüllt. Die Wärmezufuhr kann durch Klappen leicht geregelt werden. Da stetig Außenluft zugeführt wird, so ist die Wagenluft auch nicht zu trocken, was ein besonderer Vorzug dieser Heizung ist. Ihre Nachteile bestehen in der Feuergefährlichkeit bei Zusammenstößen und Entgleisungen und in den hohen Anlagekosten (bis 900 Mark für einen Wagen). Auch wird das Untergestell in ganzer Breite durch die Öfen verbaut, und daher lassen sich die Bremsgestänge und Luftleitungen unbequem anbringen.

Für einzelne Luxuswagen hat man mehrfach Warmwasserheizung gewählt, die frei von Gerüchen, reinlich und von milder Wirkung ist. Der meist mit Koks geheizte Wasserkessel befindet sich in einem besonderen Raume des Wagens, an dessen Längsseite die von ihm auslaufenden Heizröhren liegen. Von diesen kehrt je eine nach dem Kessel zurück, so daß ein stetiger Wasserumlauf in den Rohrnetzen vor sich geht. Die Erwärmung ist gut, aber teuer in der Anlage und auch nicht feuersicher.

Dampfheizung. In verschiedenen Gegenden Deutschlands (preußische Ostbahn, bayrische Staatsbahnen, Reichseisenbahnen in Elsaß-Lothringen) führte man wegen der vorerwähnten Mängel vor etwa 20 Jahren versuchsweise die Dampfheizung ein. Ihre Vorzüge waren so augenscheinlich, daß sie auf den deutschen Hauptbahnen rasche Verbreitung fand und jetzt alle anderen Heizanordnungen nahezu verdrängt hat. Sie ist ferner in Österreich-Ungarn, in Rußland und in mannigfachen Abarten in Nordamerika verbreitet. Auf den preußischen Staatsbahnen ist sie mit einem Aufwande von mehreren Millionen Mark vollständig durchgeführt. — Nach der älteren Anordnung liegen unter den Sitzreihen cylindrische Heizkörper aus geschweißtem Eisenblech, bei den Durchgangswagen auch Rohrbündel an den Längswänden, die an ein Hauptrohr unter dem Wagen angeschlossen sind. Die einzelnen Fahrzeuge sind durch Gummischläuche verbunden. Der Heizdampf wird dem Lokomotivkessel entnommen, bei langen Zügen auch wohl einem besonderen mit Dampfkessel versehenen Heizwagen. Da die dünnwandigen Heizkörper mit Dampf von nur etwa 3 kg/qcm Spannung gespeist werden, so wird der Lokomotivdampf, der eine 3—5 mal so starke Pressung besitzt, durch ein Ventil auf den ersteren Druck herabgemindert. Die Bedienung der Dampfheizung ist die denkbar einfachste und wird vom Heizer bequem nebenbei mitbesorgt. Die Erwärmung der Abteile läßt sich leicht regeln. Dabei ist diese Heizung durchaus feuersicher und billiger als die mittels Preßkohlen. Es betragen die stündlichen Gesamtkosten für Heizstoff, Bedienung und Instandhaltung für einen Wagen mit fünf Abteilen rund etwa: Ofenheizung 7 Pf., Luftheizung 15 Pf., Preßkohlenheizung 28 Pf., Dampfheizung 24 Pf. Um die Heizung besser dem jeweiligen Bedürfnis anpassen zu können, werden bei den preußischen Staatsbahnwagen seit 1894 auf Vorschlag des Geh. Oberbaurats Wichert in Berlin die einzeln abzusperrenden Heizkörper (Röhren) eines Abteils verschieden groß bemessen. Bei schwachem Frost werden nur die kleineren, bei stärkerem nur die großen und bei großer Kälte (auch beim Anheizen) alle Heizkörper benutzt. Den kleinen Heizkörpern gibt man $^1/_3$ der gesamten Heizfläche, den größeren $^2/_3$, so daß in drei Stufen: mit $^1/_3$, $^2/_3$ und $^3/_3$ der Heizfläche geheizt werden kann. Diese Anordnung hat sich recht gut bewährt, und bei den mit ihr ausgerüsteten Wagen sind die sonst üblichen Klagen über zu starkes oder zu schwaches Heizen verstummt.

Auf Beseitigung des Niederschlagwassers ist durch entsprechendes Gefälle der Rohrleitungen und Anbringung von Auslaßventilen in den Knickpunkten der Schläuche, sowie am Ende des Schlußwagens besonders Bedacht zu nehmen, da sonst die Leitungen und Heizkörper bald mit ihm gefüllt und völlig unwirksam werden.

Der Vorteil der vollständigen Feuersicherheit ist im Eisenbahnbetriebe nicht hoch genug zu veranschlagen. Es liegen zahlreiche Unglücksfälle vor, wo nicht nur bei Zusammenstößen oder Entgleisungen die Wagen durch die Heizöfen in Brand gesetzt und

vernichtet wurden, sondern wo auch durch Nachlässigkeit bei der Bedienung des Ofens Wagen durch Feuer zerstört sind. Diese Verbrennungsgefahr ist um so größer, wenn die Wagen die sonst so vortreffliche Gasbeleuchtung besitzen. Wird der Gasbehälter bei einem Zusammenstoß undicht, so kann das unter namhaftem Drucke ausströmende Gas an den glühenden Kohlen sich entzünden und die Wagen brennen in unglaublich kurzer Zeit bis auf die Eisenteile ab. In einzelnen Fällen war es unmöglich, die in den brennenden Abteilen eingeklemmten Reisenden zu retten. Sie kamen eines qualvollen Todes um.

Die deutschen Eisenbahnen übertreffen auch in der Heizung der Wagen die englischen und französischen Bahnen in bedeutsamer Weise. Der Dampfheizung gehört die Zukunft — bis sie durch die elektrische Heizung dermaleinst verdrängt wird, was vielleicht dann vor sich geht, wenn an Stelle der Dampflokomotive die elektrische Zugbeförderung getreten sein wird. —

Lüftung. Der hohe Wert einer guten, zug- und staubfreien Lüftung, die einen ständigen Luftwechsel im Wageninneren sichert, bedarf wohl keiner näheren Begründung. Was darin von unseren Wohn- und Arbeitsräumen gilt, findet auch auf die Personenwagen Anwendung. Das wirksamste Lüftungsmittel bleibt das Fenster und die Wagenthür. Da aber hiermit oft Übelstände, wie Zugluft, Eindringen von Staub, Rauch und Kohlenteilchen verbunden sind, so bringt man vielfach besondere Luftöffnungen an der Wagendecke mit Saugkopf darüber an. Sie sind durch Schieber verschließbar und durch Drahtsiebe gegen Eindringen von Fremdkörpern geschützt. Derartige Siebe aus feinem Messingdrahtgewebe (Staubfänger) werden auch auf manchen Bahnen für die Thürfenster benutzt, um, wenn diese geöffnet, hochgezogen zu werden und den Staub möglichst fern zu halten. Eine wesentliche Verbesserung in der Lüftung wurde mit der in Deutschland zuerst getroffenen Einrichtung der Dachaufbauten, deren Seitenwände die bekannten jalousieartigen Lüftungsöffnungen besitzen, erzielt. Die schlechte Luft wird durch sie abgeführt. Auch Luftfänger, die Außenluft in das Innere leiten, stehen auf manchen Bahnen in Anwendung.

Alle bisherigen Mittel genügen aber leider nicht den an eine gute Lüftung zu stellenden Anforderungen; diese läßt namentlich an trockenen, warmen Tagen auf Strecken mit sandiger Kiesbettung viel zu wünschen übrig. Die feinen Staubmengen, die dann durch alle Öffnungen des Wagens in das Innere dringen, sind leider eine ebenso lästige wie schädliche Beigabe des Reisens.

Beleuchtung. Der Aufschwung, den die künstliche Beleuchtung in unserem täglichen Leben zu verzeichnen hat und die ein stetig gesteigertes Lichtbedürfnis erzeugt, hat sich in ganz gleicher Weise in der Zugbeleuchtung abgespielt. Anfangs waren überhaupt keine Lichtquellen in den Wagen angebracht, da die Züge zur Nachtzeit noch nicht verkehrten. Selbst als letzteres der Fall war, verstanden sich die Bahnverwaltungen nicht immer dazu. Mehrfach gingen sie erst durch behördliches Eingreifen gedrängt, in Preußen auf Veranlassung des Königs selbst, zur Beleuchtung der Wagen über. Zuerst waren nur kläglich brennende Rüböllampen oder Kerzen im Gebrauch. Das Leuchtgas eroberte sich derzeit nur langsam das Feld. Zur Zeit findet die trübselige Kerzenbeleuchtung wohl nur noch auf einigen deutschen Nebenbahnen Verwendung. Nach Einführung des Petroleumlichtes in den Städten und Wohnungen verbesserte sich auch die Wagenbeleuchtung wieder schrittweise. Petroleum- und heller brennende Rüböllampen kamen auf. Aber auch deren Leuchtkraft ließ noch immer zu wünschen übrig. In England und Amerika steht diese Beleuchtung auch jetzt noch stark in Benutzung. In letzterem Lande sucht man in den besseren Wagen die Helligkeit durch mehrflammige, oft reich verzierte Petroleumlampen (Abb. 261) zu steigern. Auch auf den Schweizer Bahnen ist das Petroleumlicht verbreitet; es bietet allerdings in vielen Durchgangswagen nur eine ganz kümmerliche Helligkeit.

In den 60er Jahren wurden sodann auf französischen und belgischen Bahnen die ersten Versuche mit der Gasbeleuchtung gemacht. Sie waren nicht von dauerndem Erfolge. Um die hierbei erforderlichen Gasbehälter nicht zu umfangreich zu erhalten und

sie auf dem Dache oder besser unter dem Fußboden der Wagen anbringen zu können, muß man das Gas stark pressen. Dazu eignet sich Steinkohlengas nicht sonderlich, es verliert dabei durch Ausscheidung von Kohlenwasserstoffen zu sehr an Leuchtkraft. Auch muß das Behältergas den Gasflammen mit schwacher Pressung zugeführt werden. Die Gasbeleuchtung wurde erst spruchreif, als es 1867 Julius Pintsch in Berlin gelang, einen sicher wirkenden Druckregler herzustellen und das aus Braunkohlen-Teerölen, Schieferölen, Petroleum u. s. w. gewonnene Öl- oder Fettgas zu verwenden, das eine 3—4mal so große Helligkeit liefert wie Steinkohlengas und durch Pressung nicht so stark leidet. Allerdings bedingt Fettgas die Verwendung kleiner Brenner, da die Flammen sonst rußen.

In den Wagenbehältern steht das Gas anfänglich unter 6 Atmosphären Überdruck — 60000 mm Wassersäule, während es den Brennern nur mit einem Druck von 25 bis 50 mm Wassersäule zugeführt wird. Es muß also vor dem Verbrennen eine sehr starke Druckverminderung erleiden. Da nun mit fortschreitender Brenndauer der Gasdruck in den Wagenbehältern abnimmt, so muß der Druckregler gleichzeitig auch so beschaffen sein, daß er bei großem wie kleinem Überdruck im Behälter stets denselben Verbrennungsdruck herstellt; denn nur dann brennen die Flammen gleichmäßig ruhig. Diese Wirkung hat Pintsch durch eine verhältnismäßig einfache Anordnung erzielt. Sein Druckregler besteht aus einem gußeisernen Topfe, der durch eine luftdichte (durch Deckel geschützte) Membran überspannt ist. Letztere trägt in ihrer Mitte eine kleine Stange, die mittels Hebels und Ventiles den Zufluß des hochgespannten Gases in den Topf regelt. Herrscht in dem letzteren der für die Flammen erforderliche Niederdruck, so ist die Membran nach oben hin leicht gespannt und hat dadurch den (durch Federkraft im Gewicht ausgeglichenen) Ventilhebel etwas hochgezogen und damit das Ventil selbst geschlossen. Von dem Regler zweigt die Leitung nach den Flammen ab. Sobald nun der Niederdruck unter der Membran abnimmt, senkt sich diese und das geöffnete Ventil läßt neues Gas in den Regler einströmen. Dieser Vorgang spielt sich während des Brennens der Flammen ständig ab. Je nach der größeren oder geringeren Helligkeit und der Brennerart gebraucht eine Flamme 25—30 l Gas in der Stunde. Wird die Verbrennungsluft in der Lampe vorgewärmt, wie in den mehrflammigen Intensivlampen unserer besseren Wagen (Abb. 262), so verbraucht eine Flamme stündlich 20 l bei gleicher Helligkeit. Die Gasbehälter der Wagen werden so bemessen, daß ihr Inhalt für eine 30—40stündige Brenndauer aller Lampen im Wagen ausreicht. Um sie unterbringen zu können, ordnet man sie bei größeren Wagen wohl paarweise an. Wegen des scharfen, unangenehmen Geruches des Fettgases bringt man alle Gasleitungen (aus Kupfer) außerhalb der Wagen an, so daß bei undichter Leitung kein Gas in das Wageninnere gelangen kann. Das Ölgas wird in besonderen Fettgasanstalten erzeugt und durch Bleirohrleitungen oder Gastransportwagen unter 10 Atmosphären Überdruck den Füllstationen zugeführt.

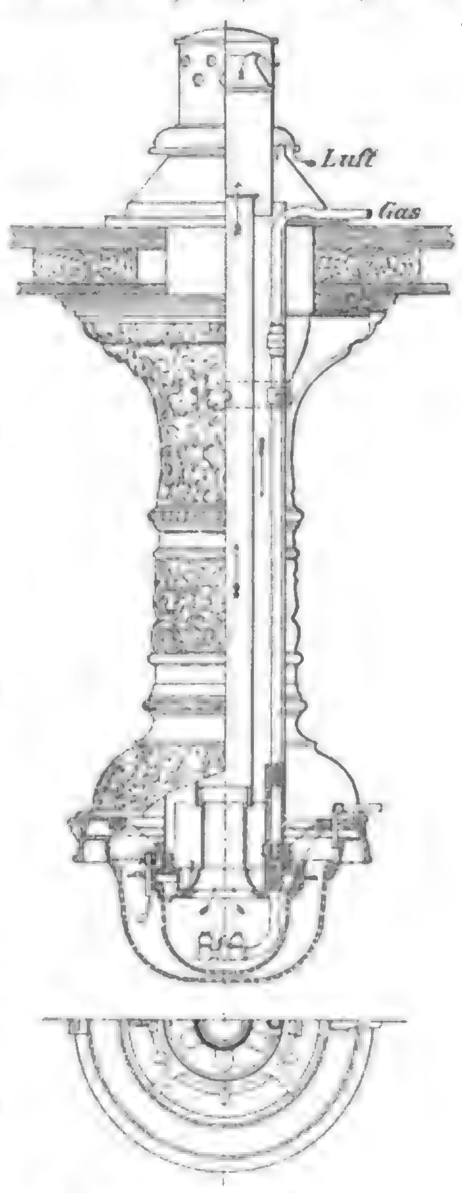
261. Amerikanische Petroleumlampe.

Die preußischen Bahnen führten bereits um die Mitte der 70er Jahre diese neue Beleuchtungsart ein und standen in diesem Punkte bald an der Spitze. Nunmehr war es möglich, durch eine Deckenlampe in jedem Abteil eine derzeit genügende Helligkeit zu erzeugen, und die Fettgasbeleuchtung wurde freudig vom Publikum begrüßt. Durch die großen Bestellungen, die (auch für das Gebiet der Seezeichenbeleuchtung) an Pintsch ergingen, hob dieser sein Haus zu einer reichen Weltfirma empor. Das Ausland, in erster Reihe Österreich, Frankreich, dann englische und amerikanische Bahnen folgten mit dem Gaslicht. Bis zum Jahre 1899 waren nach dem Pintsch-System insgesamt 87 506 Wagen und 3756 Lokomotiven ausgestattet. Davon entfallen auf

Deutschland	33 145	Wagen,
England	16 854	„ ,
Amerika	12 330	„ .

Die preußischen Staatsbahnen allein besitzen die Einrichtung zur Gasbeleuchtung an 26000 Wagen und an mehr als 3500 Personenzuglokomotiven. Sie nehmen bis heute nicht nur in Deutschland, sondern auch den ausländischen Eisenbahnen gegenüber den unbestrittenen Vorrang in der Wagenbeleuchtung ein.

Mit der Einführung des elektrischen Lichtes steigerten sich die Ansprüche des reisenden Publikums aufs neue. Eine Anzahl Verwaltungen stellten schon Anfang der 80er Jahre Versuche mit dieser neuen Zugbeleuchtung an. Auf den Reichseisenbahnen in Elsaß-Lothringen (bereits im Winter 1882), der London und North-Western Bahn und anderen wurde die Dynamomaschine durch eine auf der Lokomotive bezw. dem Tender untergebrachte kleine schnelllaufende Brotherhood-Dampfmaschine angetrieben. — Zwei Drahtleitungen verteilten die elektrische Energie auf die verschiedenen Lampen des Zuges. Das Verfahren bewährte sich nicht sonderlich, die Lampen brannten nicht ruhig, auch wurde das ohnehin schon stark in Anspruch genommene Lokomotivpersonal durch die Bedienung der Lichtmaschinerie noch mehr belastet. Man ging nun dazu über, eine im Gepäckraume aufgestellte Dynamo von einer Wagenachse aus mittels Riemens zu betreiben. Da aber dann die Lampen während des Stillstandes des Zuges nicht brannten, so mußte eine Sammelbatterie zu Hilfe genommen werden, die während der Aufenthalte mit ihrem Energievorrate einsprang, im übrigen auch das gleichmäßige Brennen der Lampen sicherte. Bei zu großer Zuggeschwindigkeit hob ein Regler die Riemenübertragung auf, und die Batterie allein versorgte die Lampen. Dieses Verfahren hat sich im allgemeinen bewährt. Die englische Midlandbahn führte es 1889 bei einer Anzahl ihrer Schnellzüge ein; jeder Wagen besaß seine Sammelbatterie. Die Beleuchtung der Abteile erfolgte durch je zwei Glühlampen; sie war reichlich und von angenehmer Wirkung, aber infolge der hohen Anlagekosten nicht billig. Im Jahre 1892 wurde die Einrichtung, weil zu viel Wartung erfordernd, wieder beseitigt und durch das Ölgaslicht ersetzt. Auch die Great Northernbahn hat die elektrische Beleuchtung ihrer Untergrundzüge seit 1891 durch Ölgas ersetzt, da, wie Verfasser verwaltungsseitig seiner Zeit mitgeteilt wurde, dieselbe sich als zu teuer erwies. Einige englische Bahnen benutzen elektrisches Licht, größtenteils jedoch nur in wenigen Luxuswagen (Speisewagen). Die Energie ist hier in einzelnen Sammelzellen aufgespeichert, die unter die Sitze geschoben werden. Das Laden und Auswechseln erfolgt auf den Abgangsstationen. Von einer ausgedehnten Anwendung des elektrischen Lichtes in den Personenzügen Englands kann keine Rede sein. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika hatten im Jahre 1897 insgesamt nur etwa 140 Wagen und zwar in Luxuszügen elektrische Beleuchtung.



262. Intensivlampe für Fettgas.

Nach dem eben genannten, bei englischen Luxuswagen benutzten Verfahren beleuchtet auch die deutsche Reichspost seit kurzem etwa 1200 Eisenbahn-Postwagen. Die Ölgas-Beleuchtung, die die Staatsbahnverwaltung lieferte (1 Mark für ein Kubikmeter Gas), stellte sich zu teuer. Sie wurde deshalb vor einigen Jahren postseitig durch die elektrische ersetzt. Die Postwagen führen etwa 44 kg schwere Sammelbatterien mit sich, zu deren Ladung 16 verschiedene Ladestellen auf verschiedenen deutschen Bahnhöfen angelegt sind.

ed by Google

Die Ansichten über die elektrische Zugbeleuchtung in Bezug auf ihre wirtschaftliche Seite sind zur Zeit noch sehr geteilt. Die Anlage ist teuer, und die Eisenbahnen müßten bei Einführung dieser Beleuchtungsart ihre bisherigen, oft kostspieligen Einrichtungen beseitigen. Die preußische Staatsbahnverwaltung hat z. B. für die Gasbeleuchtung etwa 12 Millionen Mark verausgabt. Die Umänderung ihrer Wagen für elektrische Beleuchtung würde mindestens 20 Millionen Mark erfordern. Nur wenige kleinere Eisenbahnverwaltungen haben das elektrische Licht bis jetzt durchweg für Personenzüge eingeführt, so z. B. die Dortmund-Gronau-Enscheder Bahn, die Marienburg-Mlawka Bahn, die Jura-Simplon Bahn. Die letztere Bahn mit rund 1000 km Betriebslänge und 475 für elektrische Beleuchtung eingerichteten Personenwagen ist allerdings in der vorteilhaften Lage, den elektrischen Strom zu mäßigem Preise beziehen zu können. In Biel und Freiburg befinden sich durch Turbinen betriebene Elektrizitätswerke, die außer dem Laden der Sammelbatterien für die Wagen auch die elektrisch erleuchteten Bahnhöfe und Werkstätten mit Licht und Arbeitsenergie versorgen. Den entfernteren Stationen werden die geladenen Wagenbatterien durch besondere Sammelwagen zugeführt. Unter solch günstigen Verhältnissen ist allerdings die elektrische Zugbeleuchtung billig.

Neu zu erbauende Bahnen oder solche, die noch nicht die Gasbeleuchtung eingeführt haben und ihre Wagenbeleuchtung verbessern wollen, können unter Umständen von dem elektrischen Glühlicht vorteilhaft Gebrauch machen.

Es ist aber zu beachten, daß neuerdings dem elektrischen Glühlicht ein gewichtiger Mitbewerber in dem Acetylen entgegengetreten ist. Dieses Gas wird aus Karbid, das ist ein aus Kohle und Kalk in der hohen Temperatur des elektrischen Lichtbogens erzeugter Körper, in denkbar einfachster Weise hergestellt. In Wasser gelegt, entwickelt derselbe das bekannte Acetylengas, das eine ungemein große Leuchtkraft besitzt. Ohne auf seine Eigenschaften näher einzugehen, genüge hier anzuführen, daß es nach eingehenden Versuchen der Firma Pintsch vorteilhaft ist, ein Gemisch aus 3 Teilen Fettgas und 1 Teil Acetylen zu brennen. Ein solches „Mischgas“ ist nicht gefährlicher als das Ölgas, ist daher auch in diesem Punkte dem reinen Acetylen überlegen. Die teuren Gaseinrichtungen unserer Bahnen können hierbei unverändert weiter benutzt werden, und die Helligkeit der Gasflammen ist eine dreimal größere gegenüber der reinen Fettgasflamme. Damit dürfte allen Ansprüchen auf Wagenbeleuchtung vorläufig genügt sein, steigt doch damit die Leuchtkraft der Gasflamme von 8 bis auf 24 Kerzenstärken. Bezogen auf eine Kerzenstärke stellt sich zudem das Mischgas billiger als das Fettgas. Schon 1898 wurden die Wagen der Berliner Stadtbahn damit erleuchtet, und nachdem jetzt die Acetylenanstalten an den Hauptlinien errichtet und in Thätigkeit gesetzt sind, werden auch die Personenwagen der übrigen Linien des preußischen Netzes sowie alle anderen für Fettgas eingerichteten deutschen Wagen mit Mischgas erhellt; das Ausland folgt.

Trotz des von gewissen Seiten angefeindeten Staatsbahnsystems sehen wir, daß dasselbe in Preußen stets an der Spitze des Fortschritts marschiert. Auch in dem neuen Jahrhundert findet der Reisende in keinem Lande für sämtliche Wagenklassen so bequeme, gut geheizte und erleuchtete Wagen wie im deutschen Vaterlande, insbesondere in dessen führendem Staate. Die in London erscheinende technische Zeitschrift „Railway News“ sagt bei Erörterung der Eisenbahngesetzgebung Preußens am Schlusse ihrer, unser Eisenbahnwesen behandelnden Besprechung: „Es gibt kein Land, welches so zahlreiche Bequemlichkeiten und Erleichterungen im Eisenbahnverkehr genießt, wie Deutschland.“

Bremsen. Zweck der Bremse ist, die Fahrgeschwindigkeit der Züge und einzelner Fahrzeuge zu regeln oder behufs Anhaltens ganz zu vernichten. Je schneller ein Zug fährt, um so größer ist die in ihm aufgespeicherte lebendige Kraft. Sie wächst mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Beispielsweise besitzt ein viermal schneller fahrender Zug das Sechzehnfache an lebendiger Kraft wie vorher. Ein mit 90 km i. d. Stunde fahrender Schnellzug hat eine ebenso große lebendige Kraft in sich aufgespeichert, wie sie das den Lauf eines Riesengeschützes verlassende Geschoß in sich birgt. Nach dem Gesetz von der Erhaltung der Arbeit wird diese lebendige Kraft in Arbeit umgesetzt, wenn der Zug

plötzlich zum Halten gezwungen wird, wie z. B. bei Zusammenstößen. Diese Arbeit äußert sich größtenteils im Vernichten der Fahrzeuge, wie wir dieses ja bei Zugzusammenstößen, Anrennen an Hindernisse mit erschreckender Deutlichkeit nur zu oft schon haben sehen können. Wegen dieser großen lebendigen Kraft bedarf ein schnell fahrender Zug einer ganz anderen Bremswirkung zwecks Hemmung seines Laufes wie ein langsam fahrender. Hand in Hand mit der Steigerung der Fahrgeschwindigkeit ging daher die Vervollkommnung der Bremsen. Ohne die jetzigen Bremsen wären bei den schweren Zügen der Neuzeit Geschwindigkeiten von 90 km und mehr nicht zulässig. Wollte man einen Schnellzug von 200000 kg Gewicht, der mit 90 km Geschwindigkeit in der Stunde dahinsaust, mit den früher üblichen Handbremsen zum Halten bringen, so würde er eine etwa 1000 bis 1200 m lange wagerechte Strecke, vom Ertönen des Bremssignals an gerechnet, noch durchlaufen; wohingegen er bei der Westinghouse-Schnellbremse etwa 180 bis 200 m noch zurücklegt, sobald der Lokomotivführer dieselbe in Thätigkeit setzt. Welche Vorteile sich durch die Schnellbremsen für den Zugdienst ergeben, wenn der Lokomotivführer plötzlich das Haltsignal (namentlich bei nebligem Wetter) oder Hindernisse auf dem Gleise bemerkt, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Allerdings muß stets festgehalten werden, daß ein plötzliches Anhalten der Züge selbst bei der vorzüglichsten Bremse aus dem eben erörterten Grunde nicht möglich ist. Eine teilweise Zerstörung von Wagenteilen würde die stete Begleiterscheinung sein müssen.

Die Bremswirkung wird ausgeübt durch Bremsklötze, welche früher allgemein aus weichem Holze (Pappel, Linden) gefertigt wurden, jetzt aber vorzugsweise aus Eisen bestehen, namentlich aus Stahlguß, das ist Gußeisen mit Stahlabfällen zusammengeschmolzen. Die Klötze werden durch Hebel und Stangen, die durch Muskelkraft, Reibung, Dampf oder Luftdruck bewegt werden, gegen die Räder gepreßt. Zweckmäßig ordnet man auf beiden Radseiten je einen Klotz an, damit die Achswellen nicht einseitig gegen ihre Lager gedrückt werden, von anderen Vorteilen abgesehen.

Die Handbremsen, wie sie bis fast zu den 80er Jahren allgemein üblich waren, haben den großen Nachteil, daß zu ihrer Bedienung eine Anzahl von Leuten nötig ist, denen zum Bremsen vom Lokomotivführer mittels der Dampfpfeife ein Zeichen gegeben werden muß, ebenso wieder zum Lösen der Bremsen. Man ist hier betreffs des Bremsens abhängig von der Aufmerksamkeit dieser Menschen; aber auch abgesehen davon, vergeht Zeit zwischen dem Signalgeben und dem Signalverstehen an der letzten Bremse, und noch mehr Zeit vergeht, bis die Bremsklötze fest angepreßt sind und ihre volle Wirkung ausüben. Währenddessen legt ein schnellfahrender Zug aber schon eine beträchtliche Strecke zurück, oft so viel, daß er vor Erreichung des etwaigen Gefahrpunktes nicht mehr zum Halten gebracht werden kann. Wird doch bei 90 km Stundengeschwindigkeit in jeder Sekunde eine Weglänge von 25 m vom Zuge zurückgelegt. Die Handbremsen, gewöhnlich durch Schraubenspindeln, seltener durch Gewichtshebel in Thätigkeit gesetzt, kommen heutigestags nur noch bei wenigen langsam fahrenden Personenzügen und bei Güterzügen vor. Der letzte Bremser muß zuerst die Bremsen anziehen, dann der vorletzte u. s. w., damit der Zug langgestreckt bleibt und nicht etwa der hintere Teil auf den vorderen mit heftigem Stoße aufläuft.

Wohl in allen Eisenbahnländern besteht jetzt die Vorschrift, daß die mit mehr als 60 km Stundengeschwindigkeit fahrenden Personenzüge mit durchgehenden Bremsen ausgerüstet sind. Hier werden sämtliche Bremsen des Zuges von einer Stelle aus bedient — angezogen oder gelöst — und zwar durch den Lokomotivführer. Dieser ist der berufenste Mann dazu, er steht an der Spitze des Zuges, sieht die Gleisstrecke mit ihren Signalen, Steigungs- und Krümmungszeigern vor sich und kann zuerst Hindernisse auf der Bahn erblicken. Er kann daher ohne Zeitverlust die Bremsen anziehen, was durch einfaches Umlegen eines Handgriffs erreicht wird, und braucht nicht durch die Dampfpfeife unnötigerweise die Reisenden zu erschrecken.

Da Zugtrennungen während der Fahrt durch Reißen der Wagenkuppelung möglich sind, es ferner auch im Interesse der Reisenden wünschenswert ist, daß diese in gewissen Fällen den Zug von ihrem Platze aus zum Halten bringen können, so verdienen die-

jenigen durchgehenden Bremsen den Vorzug, welche sowohl von den einzelnen Wagen aus in Thätigkeit gesetzt werden können, als auch namentlich bei Zugentgleisungen, bei denen häufig die Schläuche reißen, desgleichen bei Zugtrennungen oder Beschädigungen an den Bremseinrichtungen, den Zug oder seine Teile selbstthätig zum Halten bringen oder die Geschwindigkeit mäßigen.

Die zwei verbreitetsten selbstthätigen durchgehenden Bremsen sind die Luftsaugebremse und die Luftdruckbremse. Bei beiden Anordnungen liegt unter dem ganzen Zuge eine Rohrleitung, die sogenannte Hauptluftleitung. Mit ihr stehen die am Untergestell der Wagen befindlichen Bremscylinder in Verbindung, durch deren Kolben die Bremsklötze bewegt werden. Von Wagen zu Wagen ist die Luftleitung durch biegsame Gummischläuche gebildet, deren äußere Mundstücke ein leichtes Kuppeln derselben ermöglichen (Abb. 263 u. 265). Die Leitung endigt auf der Lokomotive und steht hier mit verschiedenen Einrichtungen in Verbindung. Am letzten Wagen ist ihr Ende durch einen Absperrhahn dicht verschlossen. Bei der selbstthätigen Luftsaugebremse wird in der ganzen Rohrleitung und in den Bremscylindern eine Luftverdünnung erzeugt und während der Fahrt aufrecht erhalten. Das Bremsen erfolgt durch Einlassen von atmosphärischer Luft in die Leitung. Bei der Luftdruckbremse ist das ganze Rohrnetz während der Fahrt mit Preßluft von etwa 4 bis 5 Atmosphären Spannung aufgefüllt. Das Anziehen der Bremsen erfolgt durch Auslassen von Druckluft aus der Hauptleitung.

Von selbstthätigen Luftsaugebremsen stehen in Anwendung die Bremse von Gebr. Körting in Hannover, die aus der englischen Sanders-Bremse hervorgegangen ist, und die Hardy-Bremse, die die englische Smith-Bremse als Vorläufer hat. Die Hardy-Bremse ist die verbreitetere und namentlich in England, Schweden und Österreich beliebt. Einschließlich der nicht selbstthätigen Bremsanordnung, wie sie zur Zeit auch bei den Zügen der Berliner Stadtbahn in Anwendung ist, sind nach Angabe der Hardy-Bremsen-Gesellschaft bis Anfang 1899 52 689 Lokomotiven und Tender sowie 139 619 Wagen mit der Hardybremse ausgerüstet worden.

Zur Erzeugung der Luftverdünnung dient ein an der Lokomotive angebrachter doppelter Ejektor (Düsenapparat). Strömt durch ihn Kesseldampf, so wird die Luft aus der Hauptbremsleitung und den Bremscylindern abgesaugt und in ihr eine Luftverdünnung von 50 bis 60 cm Quecksilbersäule (äußerer Luftdruck rund 76 cm Quecksilbersäule im Flachlande) erzeugt und während der Fahrt aufrecht erhalten. Für rasche Luftentleerung beim Beginn der Fahrt und zwecks schnellen Lösens wird der große Ejektor benutzt, für die Aufrechterhaltung der Luftverdünnung während der Fahrt, die durch kleine unvermeidliche Undichtigkeiten in den Rohrleitungen und Schlauchkuppelungen sonst verloren geht, dient der wenig Dampf gebrauchende kleine Ejektor. Der Bremskolben bewegt sich nach Abb. 263 senkrecht in seinem Cylinder und wird durch eine um ihn gelegte Gummischnur in letzterem abgedichtet. Solange eine Luftverdünnung in der Leitung u. s. w. herrscht, liegt der Kolben infolge seines und des angehängten Gestängegewichtes unten. Öffnet der Lokomotivführer aber die Bremsklappe, oder zerreißen die Gummischläuche bei einer Zugtrennung, oder setzt ein Reisender vom Wagen aus die Bremse in Thätigkeit, indem er eine kleine Glasscheibe vor der Mündung eines Abzweigrohres der Luftleitung zertrümmert, so dringt die atmosphärische Luft mit großer Geschwindigkeit (etwa 250 m in der Sekunde) in die Leitung und unter die Kolben, diese steigen infolge des Überdruckes hoch und ziehen die Bremsklötze an.

Das in Abb. 263 unten am Cylinder bei V sichtbare Kugelventil dient dazu, während des Bremsens den luftverdünnten Raum über dem Kolben von der Leitung abzuschließen, so daß die Außenluft mit ihrem vollen Überdruck auf den Kolben wirken kann. Bauart und Bedienung dieser Bremse sind einfach.

Die Wirkung erfolgt schnell, vom Augenblick des Klappenöffnens bis zum Anpressen der Bremsklötze am 20. Wagen vergeht nur eine geringe Zahl von Sekunden.

Ein Vergleich dieser kurzen Zeit, die bei der Westinghouse-Luftdruckbremse noch erheblich kürzer ausfällt, mit derjenigen beim Handbremsen, läßt ohne weiteres den gewaltigen Fortschritt auf diesem Gebiete erkennen. — Blitzzüge ohne durchgehende Bremse zu fahren, wäre eine höchst bedenkliche Sache, ebenso wie Stadtbahnzüge mit ihren vielen Haltestationen und ihrer dichten Zugfolge.

Ein noch größeres Verwendungsgebiet haben die Luftdruckbremsen gefunden. Die erste Luftdruckbremse wurde 1869 von G. Westinghouse in Pittsburg erdacht. Sie war zunächst eine nicht selbstthätige Bremse, wurde aber bereits 1871 von demselben Erfinder in eine selbstthätige umgewandelt und von ihm sodann Mitte der 80er Jahre

zu der heute weit verbreiteten Schnellbremse vervollkommnet. Aus der Westinghouse-Bremse haben Steele und Carpenter ihre Bremsen abgeleitet. Die Carpenterbremse gelangte 1882 auf den preußischen Staatsbahnen zur Einführung. Einfach im Bau und leicht verständlich für das Bedienungspersonal, hat sie sich für kürzere Züge im allgemeinen bewährt. Bei längeren Zügen wirkt sie jedoch zu langsam, da die gesamte Preßluft aus der Rohrleitung und einem Teile jedes Bremscylinders abgelassen werden muß, bevor die Bremsklötze mit ihrem größten Druck anliegen. — Zahlreiche Versuche in Amerika, Baden u. s. w. hatten aber mittlerweile die Überlegenheit der Westinghouse-Schnellbremse klargelegt. Die preußische Staatsbahnverwaltung nahm deshalb nach eingehender Prüfung im Jahre 1891 diese Bremse an unter endgültiger Beseitigung der Carpenterbremse. Die Wirkung der Schnellbremse ist eine außerordentlich schnelle. Bei 20 Wagen kommen die Bremsklötze des letzten Wagens bereits in einer Sekunde nach Ingangsetzung der Bremse zum Anliegen, bei 50 Wagen, entsprechend einer Zuglänge von 600 m, nach zwei Sekunden.

Wie bei allen Luftdruckbremsen wird auch hier die Druckluft mittels einer durch Dampf getriebenen Luftpumpe auf der Lokomotive erzeugt und in einem an letzterer angebrachten, etwa 400 l großen Hauptluftbehälter aufgespeichert (Abb. 264). Außerdem ist das ganze Rohrnetz am Zuge nebst allen Hilfsluftbehältern damit aufgefüllt. Die Hauptleitung steht an der Lokomotive durch ein Bremsventil entweder mit diesem Luftbehälter oder mit der freien Luft in Verbindung oder ist endlich

263. Anordnung des Hardy-Bremscylinders und der Kuppelung der Hauptluftleitung an Wagen.

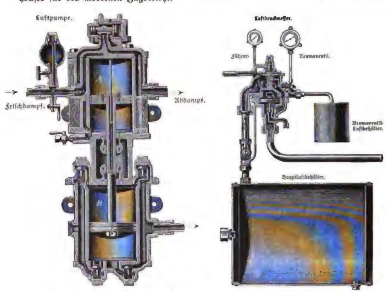
gegen Behälter und Außenluft abgesperrt. In ersterem Falle bleibt die ganze Leitung aufgefüllt und die Bremsen sind gelöst, im zweiten Falle entweicht aus ihr Preßluft und die Bremsen werden angezogen und zwar je nach der Menge der abgelassenen Luft mit größerem oder geringerem Drucke. Eine Verminderung des Leitungsdruckes um etwa eine Atmosphäre sichert bereits den stärksten Bremsdruck. Die Bremse ist wie die vorige leicht regulierbar, was ja für die Fahrten auf längeren Gefällstrecken wichtig ist.

Abb. 264 zeigt die allgemeine Anordnung der Westinghouse-Schnellbremse an der Lokomotive, Abb. 265 diejenige an den Wagen.

Bei der Luftpumpe bezeichnet A den Dampf-, B den Luftcylinder. Oben auf A sitzt das von der gemeinsamen Kolbenstange beeinflußte Umsteuerventil, das den Kesseldampf abwechselnd über und unter den Dampfkolben treten läßt. Mit letzterem bewegt sich gleichzeitig der Luftkolben auf und ab, um durch zwei in der Abbildung sichtbare Ventile Luft anzusaugen, sie zu verdichten und durch zwei andere Ventile in den Sammelbehälter zu drücken. Beim Bremsen tritt Druckluft aus den Hilfsluftbehältern u. s. w. in die Bremscylinder und treibt deren Kolben vor, die ihrerseits durch ein Gestänge die Bremsklötze gegen die Räder pressen. Beim Lösen der Bremse steuern die Funktionsventile (Abb. 265) um, die Hilfsluftbehälter u. s. w. werden wieder mit Druckluft aus dem Hauptbehälter gefüllt, dagegen die Bremscylinder mit der Außenluft verbunden und dadurch druckfrei gemacht. Eine Feder preßt alsdann die Bremskolben in ihre Ruhelage zurück.

Die Schnellbremse gestattet nun eine doppelte Art des Bremsens. Wird durch teilweises Öffnen des Bremsventiles Druckluft aus der Leitung ausgelassen, so wird der in den Hilfs-

luftbehältern aufgespeicherte Luftvorrat zum Teil in die Bremscylinder geschickt und zum Bremsen verwertet. Es tritt dann die sogenannte Betriebsbremsung ein, wie sie für gewöhnlich den Lauf der Züge regelt. Liegt aber Gefahr vor und soll der Zug möglichst schnell zum Halten kommen, so öffnet der Lokomotivführer mit schnellem Ruck das ganze Bremsventil. Jetzt dringt nicht nur die Hilfsbehälterluft in die Bremscylinder ein, sondern infolge der nun in den Funktionsventilen vor sich gehenden größeren Bewegungen der Steuerteile auch ein Teil der Leitungsluft. Dadurch wird aber sowohl die Bremskraft erhöht, als auch namentlich die Bremswirkung ungemein rasch durch den ganzen Zug fortgepflanzt. Von der Lokomotive aus gerechnet wird jedes folgende Funktionsventil durch die Druckverminderung am vorhergehenden umgesteuert, so daß an jedem Wagen Luft aus der Leitung in den Bremscylinder übertritt. Wie erwähnt, vergehen bei den längsten Zügen (50 Wagen) nur zwei Sekunden zwischen dem Anliegen der Klötze am ersten und letzten Wagen. Diese winzig kleine Zeit kennzeichnet wohl zur Genüge die Bedeutung der genialen Erfindung Westinghouses für den modernen Zugverkehr.



264. Westinghouse-Schnellbremse: Teile für die Lokomotive.

Reißt ein mit der selbstthätigen Luftdruckbremse ausgestatteter Zug in mehrere Teile, so wird jeder für sich infolge der entweichenden Leitungsluft sofort gebremst. Jeder Reisende kann von seinem Abteil aus die Bremse in Thätigkeit setzen. Durch Ziehen eines an der Wagendecke befindlichen Griffes wird ein Verschlußhahn in der Luftleitung geöffnet, durch den dann die Luft ins Freie entweicht. Der Handgriff ist gegen Mißbrauch durch eine Schnur mit Bleisiegel gesichert. Ist er gezogen, so verbleibt er in dieser leicht erkennbaren Stellung, bis der Hahn durch den Zugbeamten geschlossen wird, was nur von der Außenseite des Wagens aus möglich ist.

Sämtliche Hauptbahnen Deutschlands benutzen die Bremse bereits oder werden damit zur Zeit ausgestattet, in Nordamerika und Rußland steht sie auch bei vielen Güterzügen in Benutzung. Bis Anfang 1899 waren 58 252 Lokomotiven und 969 043 Wagen mit ihr ausgerüstet, darunter befanden sich nur 2787 Lokomotiven und 9796 Wagen mit der älteren, nicht selbstthätigen Westinghouse-Bremse.

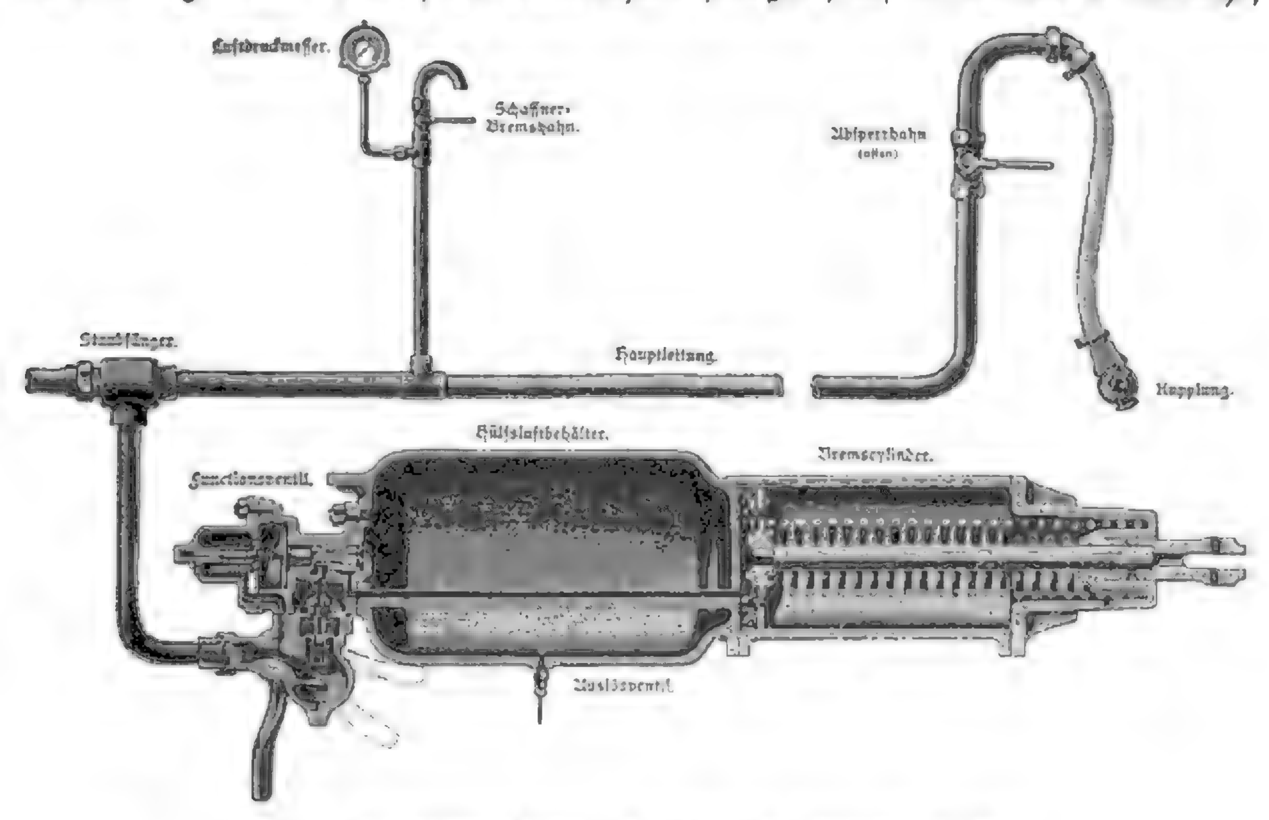
Die Luftsaugebremse ist zwar einfacherer Bauart, aber ihr Betriebsdruck kann immer nur kleiner sein als die Pressung unserer Atmosphäre, daher sie auch Niederdruckbremse genannt wird. Infolgedessen erfordern schwere Wagen große, oft auch mehrere Bremscylinder. — Dahingegen arbeitet die Luftdruckbremse mit fünf- bis achtmal so hohem

Digitized by Google

Drucke (Hochdruckbremse), ermöglicht also kleine und deshalb bequemer unterzubringende Bremscylinder.

Es sind noch verschiedene andere Bauarten von durchgehenden, selbstthätigen Hoch- und Niederdruckbremsen im Gebrauch, so die Schleifer-, Wenger-, Eames-Bremse u. s. w. Auch durchgehende Dampfbremsen sind vereinzelt in Benutzung, wie auf der Visp-Zermatter und der Brünigbahn (S. 135 u. 136), stehen aber den vorgenannten Luftbremsen nach, erzeugen auch, in Thätigkeit gesetzt, ein höchst unangenehmes Geräusch und Erzittern der Wagengestelle.

Da beim Bremsen die lebendige Kraft des Zuges vernichtet werden muß, so ist es ein nahe liegender Gedanke, diese selbst zur Erzeugung der Bremskraft auszunutzen. Heberlein hat dieses bei seiner selbstthätigen, durchgehenden Reibungsbremse gethan. Sie ist angewendet u. a. auf den Nebenbahnen Preußens, auf der Berliner Militärbahn,



265. Westinghouse-Schnellbremse: Teile für Tender und Wagen.

in Venezuela u. s. w. Die der Bauart anhaftenden Nachteile werden ihr auf Hauptbahnen keinen Eingang verschaffen, ebensowenig der von Schmidt u. a. verbesserten Reibungsbremse.

Verschiedentlich hat man sich bemüht, elektrisch zu bethätigende Bremsen für Dampfbahnen zu ersinnen, bis jetzt aber ohne durchgreifenden Erfolg.

Güterwagen.

Bis in die 40er Jahre wurden die Güterwagen, wie schon erwähnt, nur als zweiachsige offene Wagen mit niedrigen Seitenwänden gebaut. Diese englische Anordnung hatte bei allen anderen europäischen Bahnen allgemeinen Eingang gefunden. Die Bauart war derb und roh, ohne elastische Stoß- und Zugvorrichtungen. Allmählich schenkte man mit zunehmendem Verkehre auch diesen bis dahin stiefmütterlich behandelten Fahrzeugen mehr Aufmerksamkeit in der Bauart und größere Sorgfalt in der Herstellung. In Deutschland machte sich für viele Güter wegen der damaligen zahlreichen Zollgrenzen, die verschließbare Wagen bedingten, auch wegen der langen Versandstrecken (Regen u. s. w.) die Einstellung allseitig geschlossener Wagenkasten (mit seitlichen Schiebethüren) notwendig.

Wir finden heutigestags auf den festländischen Bahnen die Zahl der gedeckten Wagen im Verhältnis zu den offenen wesentlich größer als in England. Während z. B. in Deutschland und Frankreich durchschnittlich auf zwei offene Güterwagen ein bedeckter entfällt, kommt in England ein solcher auf je dreizehn offene Wagen. In letzterem Lande sind jedoch, infolge seiner natürlichen Gestaltung und Ausdehnung, die Fahrstrecken kürzer als bei uns, auch werden die Güterzüge mit wesentlich größerer Durchschnittsgeschwindigkeit gefahren als auf dem Festlande. Ferner sind die englischen Güterschuppen mit mechanisch bewegten Hebezeugen in reichstem Maße ausgestattet, so daß das Be- und Entladen der Wagen in sehr kurzer Zeit vor sich geht. Derartige Hebekräne können aber bei bedeckten Wagen nur unvollkommen ausgenutzt werden. Wir sehen deshalb auch in den festländischen Güterschuppen das Ladegeschäft vorwiegend mit der Sackkarre bewältigt. Im Güterverkehre steht England unübertroffen da und kann, was Schnelligkeit des Transportes und des Verfrachtens einschließlich Gestellens an die Empfänger betrifft, als glänzendes Vorbild allen anderen Eisenbahnländern dienen. Seine Frachtsätze sind allerdings auch höher als bei uns, aber der erzielte Zeitgewinn im Güterumschlage und die bessere Wagenausnutzung sind schwerwiegende Vorzüge.

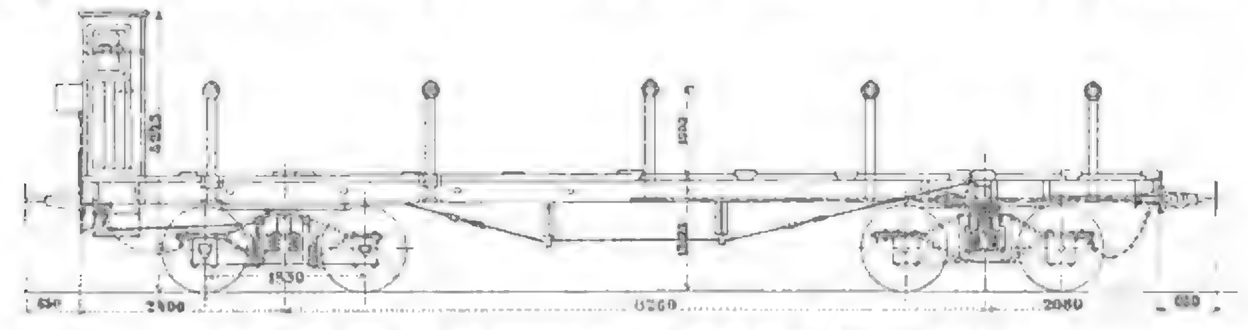
In Amerika haben sich aus früher schon dargelegten Gründen von Anfang an Drehgestellwagen Eingang verschafft. Auch dort werden die bedeckten Wagen in großer Zahl benutzt. Der Güterverkehr spielt sich ähnlich wie in Deutschland ab, d. h. es werden lange Güterzüge mit geringer Geschwindigkeit gefahren, um die Lokomotiven wirtschaftlich voll auszunutzen. Es ist aber nicht gerechtfertigt, nur die wirtschaftliche Seite der Lokomotivmaschine im Güterverkehre als allein ausschlaggebend hinzustellen.

Güterwagen erfahren im Betriebe eine andere Behandlung als Personenwagen. Nach ihrer Beladung werden sie auf den Güterbahnhöfen zu Zügen zusammengestellt, unterwegs auf den Abzweigstationen in andere Züge eingestellt und auf den Empfangsstationen wieder den Entladestellen zugeführt. Dieses Umsetzen vollzieht sich im Rangier- oder Verschiebedienst. Je schwerer eine aus Einzelteilen bestehende Wagenladung ist, desto sorgfältiger muß sie im allgemeinen verladen und desto vorsichtiger und langsamer muß sie beim Rangieren behandelt werden, damit bei starkem, plötzlichem Bremsen oder beim Aufstoßen auf andere Wagen ein Verschieben der Last im Wagen und ein Beschädigen derselben oder des Wagens vermieden wird. Dazu kommt die Rücksicht auf ein Bewegen der beladenen Wagen an ihrer Be- und Entladestelle durch Pferde oder Menschen. Deshalb werden allgemein nur verhältnismäßig kleine Nutzlasten zugelassen und zwar 10 000 bis 15 000 kg. Für Sonderzwecke (Kessel, Schienen, Walzeisen) kommen auch bei uns Wagen mit 30 000 kg Ladegewicht vor (Abb. 266). In Amerika hat man für Massengüter (Kohle, Erze u. s. w.) Wagen mit 27 000 kg und mehr, seit 1898 auch mit 50 000 kg Tragkraft und bis 72 cbm Fassungsraum gebaut, in England für Dampfkessel, Panzerplatten u. s. w. solche bis zu 50 000 kg, während die gewöhnlichen englischen Güterwagen einschließlich der Erz- und Kohlenwagen meistens weniger als 10 000 kg Ladung aufnehmen. Derartige große Lasten erfordern natürlich Drehgestelle. Nach den bestehenden Vorschriften ist auf den Bahnen des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen für Wagen kein größerer Raddruck als wie 7000 kg zugelassen. Durch Einführung der Lenkachsen und Drehgestelle hat man den Bau langer Wagen mit leichtem, ruhigem Laufe ermöglicht. Die fortschreitende Entwickelung der Güterwagen bis auf die Neuzeit lassen die Abb. 267 und 268, die der oben angezogenen englischen Quelle entnommen sind, erkennen. Sie zeigen uns zwar nur die Muster der englischen Midland-Bahn, aber ein ähnlicher Übergang vom Kleinen zum Großen und vom roh Gefügten zum besser Durchdachten hat sich überall vollzogen.

Mannigfaltig ist die Bauart der Güterwagen. Die verschiedenen Arten von Frachtgut haben eine große Buntscheckigkeit erzeugt. Abgesehen von den beiden schon genannten Hauptklassen, bedeckte und offene Güterwagen, haben wir noch die Unterscheidung in allgemeine und Spezialwagen zu treffen. Die ersteren sind, bedeckt oder offen, ohne besondere Einrichtungen für das gewöhnlich zu verfrachtende Gut, dagegen meistens auch für den Militärtransport vorgesehen, bedeckte Wagen für Mannschaften und Pferde, offene für Geschütze, Fuhrwerke, Munition u. s. w.

Der bedeckte Normalwagen der preußischen Staatsbahnen, der namentlich im Stückgutsverkehr, sowie für Mehl- und Zuckersendungen, Düngermittel u. s. w. Verwendung findet, ist allgemein bekannt. Er findet auch für Militärtransporte Verwendung und kann 6 Pferde oder 48 Mann fassen. Für letztere werden die sogenannten Militärbänke eingebracht, desgleichen Tornisterbretter und Deckenlaternen. Der offene deutsche Güterwagen, wie er für Kohlen, Zuckerrüben u. s. w. benutzt wird, bietet nichts besonders Bemerkenswertes. Dagegen zeigt der amerikanische Kohlenwagen eine völlig abweichende Bauart. Um beim Entladen Zeit und Kosten zu sparen, ist sein Boden mit großen Klappen versehen, durch die die Kohlen von einem erhöht liegenden Ladegleise abgestürzt werden. Manche Bahnverwaltungen Nordamerikas legen außerdem noch die Bodenfläche von den Wagenenden nach der Mitte hin geneigt an, so daß das selbstthätige Entladen noch mehr beschleunigt wird.

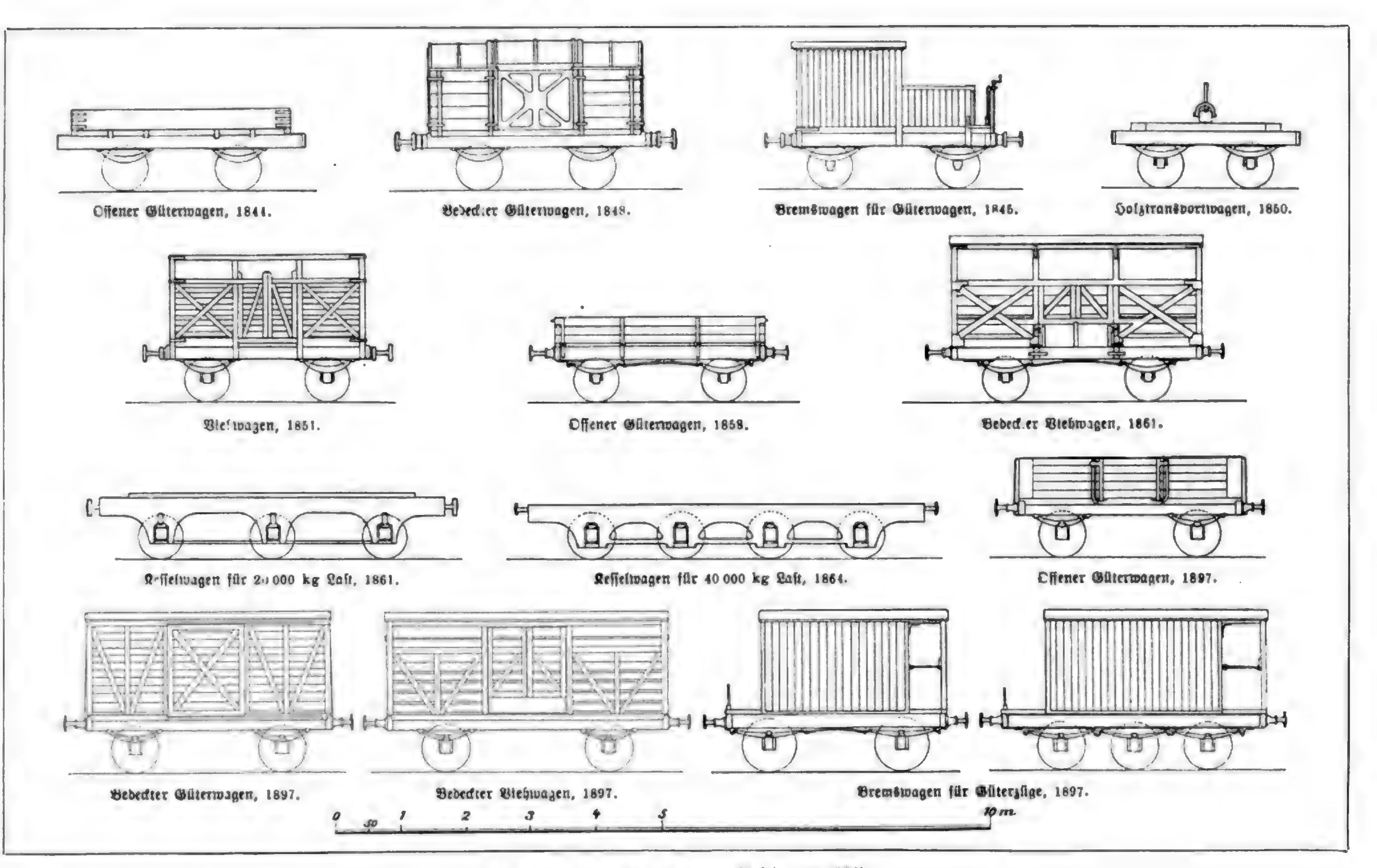
In Deutschland hat Talbot-Aachen Mitte der 90er Jahre „Selbstentlader" für 5000 bis 15 000 kg Ladung mit Erfolg eingeführt. Diese ganz aus Eisen hergestellten Wagen werden für jegliche Spurweite gebaut. Ihr hochliegender Kasten hat nach Abb. 269 dreieckförmigen Querschnitt. Im unteren Teile der sehr schrägen Seitenwände befinden sich Klappen, die sich unter dem Druck der Ladung nach außen öffnen, sobald ein an den Stirnenden sitzender Hebelverschluß sie freigibt. Damit das Frachtgut genügend weit vom Gleis abstürzt, sind unterhalb der Klappen unter 35 bis 45° geneigte



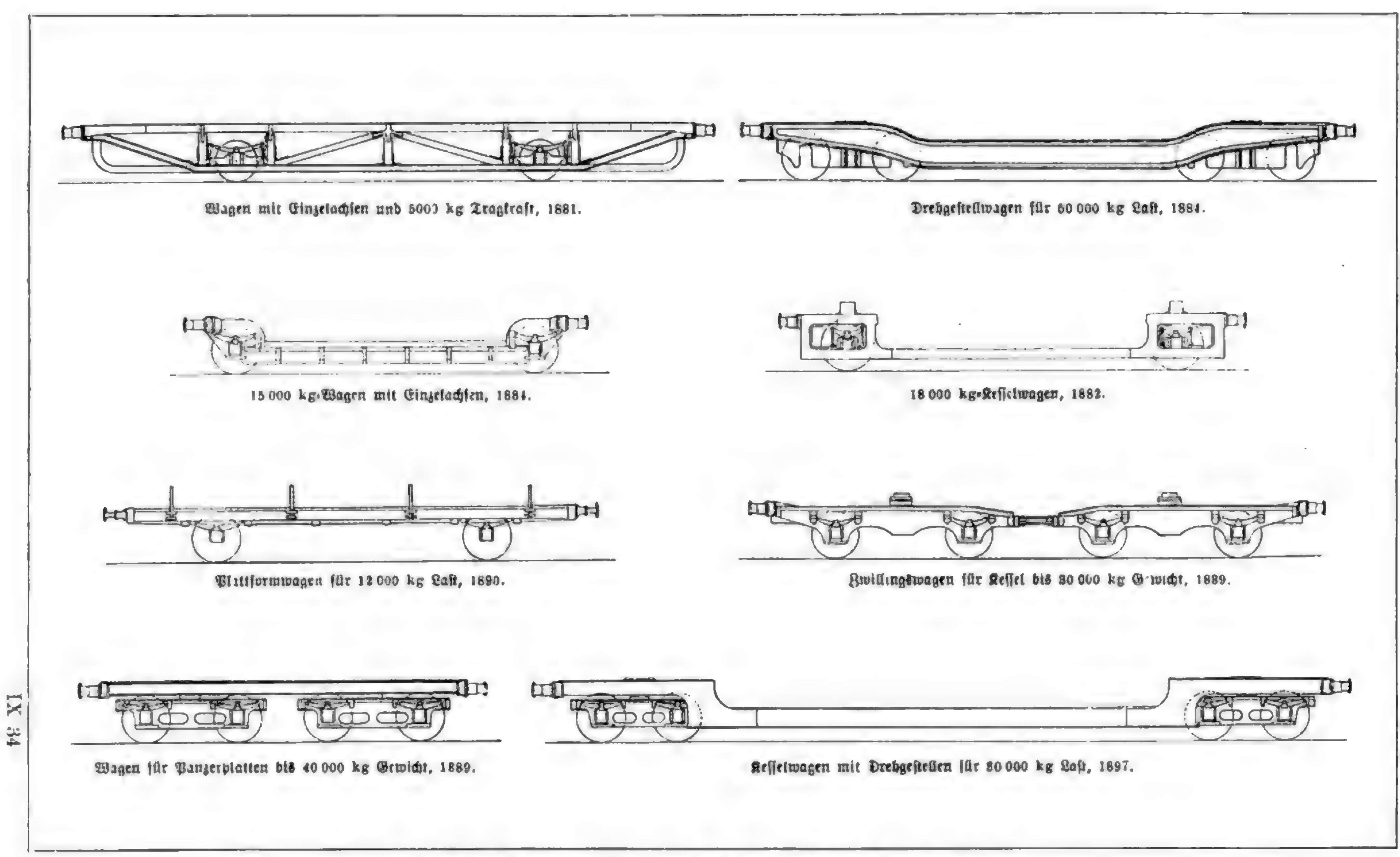
266. Deutscher Plattformwagen mit Drehgestellen für 30 000 kg Last.

Leitbleche angebracht. Die Entladung geht ungemein rasch von statten und erfolgt entweder gleichzeitig nach beiden Seiten oder nur nach einer Seite. Ein Wagen mit 15 000 kg Ladung erfordert zur Entleerung nur 3 bis 4 Minuten bei zwei Mann Bedienung. Die „Selbstentlader" ermöglichen daher eine gute Ausnutzung und bieten für die chemische und Eisen-Industrie, in der sie schon vielfach Verwendung finden, beachtenswerte Vorteile gegenüber den Wagen gewöhnlicher Bauart.

Als die wichtigeren Spezialwagen sind zu nennen unter den offenen Wagen: Koks-, Stroh-, Langholz-, Spiegel-, Dampfkessel-, Geschütz-, Plattformwagen für Schienen, Walzeisen und dergleichen, Säurewagen u. s. w., unter den gedeckten Wagen: Viehwagen für Kleinvieh, für Großvieh, für Luxuspferde und für Hunde (England), Fischwagen (lebende Fische), Fleisch-, Milch-, geheizte Wagen (Wein, Südfrüchte), Kühl-, Bier-, Gemüse- (Obst), Kalkwagen u. s. w. Alle diese vielen Bauarten zeigen eigenartige, durch die Art, Form und Ausdehnung des Versandgutes bedingte Abweichungen. Abb. 270 zeigt den 32rädrigen Geschützwagen von Krupp, auf welchem die gewaltigen Riesengeschütze von Essen nach dem Schießplatze bei Meppen und von da nach den Küstenforts befördert werden. Das Eigengewicht des aus vier achträdrigen Drehgestellen gebildeten Wagens beträgt 80 800 kg, die größte Ladelast ist auf 140 000 kg bemessen, das bedingt bei 7000 kg Raddruck 32 Räder. Je zwei Drehgestelle sind durch einen Zwischenträger vereinigt, der an den Enden auf beiden Mittelzapfen aufruht, während sich auf die Zwischenträger wiederum das große 15,8 m lange Rohrlager stützt. Infolge dieser Lastübertragung schmiegen sich die Räder trotz der Gesamtlänge von 26,5 m dieses Fahrzeuges und eines Radstandes von 24 m gut den Gleiskrümmungen an und bleibt ihre Belastung unveränderlich. Das schwerste Geschützrohr, welches bis jetzt auf diesem Wagen verfrachtet worden ist, wog 122 400 kg, hatte 42 cm Bohrung und war 14 m lang.



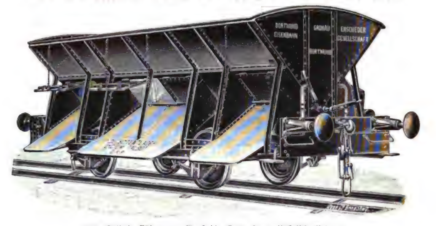
267. Englische Güterwagen 1844 bis 1897.



268. **Englische Güterwagen 1881 bis 1897.** (Maßstab wie zu Abb. 267.)

Unter den Spezialwagen verdienen namentlich die Fischwagen, Kühl- und geheizten Wagen besondere Erwähnung. Erstere dienen zum Versande lebender Fische. Sie sind mit großen Wasserbottichen für deren Aufnahme versehen. Im Sommer werden zur Wasserkühlung Eisstücke eingefüllt. Bei einer aus Schweden herrührenden Anordnung (Abb. 271) entnimmt eine in der Wagenmitte befindliche und von einer Wagenachse (auch von Hand) angetriebene Pumpe den Bottichen (unten) das Wasser, preßt es zwecks Reinigung von Fischschleim u. s. w. durch ein Filter und oben in die Bottiche zurück. Das erforderliche Eis wird in vier neben dem Filter untergebrachten Behältern mitgeführt. Der Wagen hat sich bewährt.

In England, wo der Verbrauch an Seefischen ein sehr großer ist, sind besondere Züge für den Versand eingerichtet. Von Holyhead, einem Hauptversandplatze hierfür, laufen solche bis nach London, woselbst sie unter anderem auch mittels der Untergrundbahn zur Nachtzeit in die große Fischhalle neben Smithfield-Markt geschafft werden. Die Nordwestbahn hat in



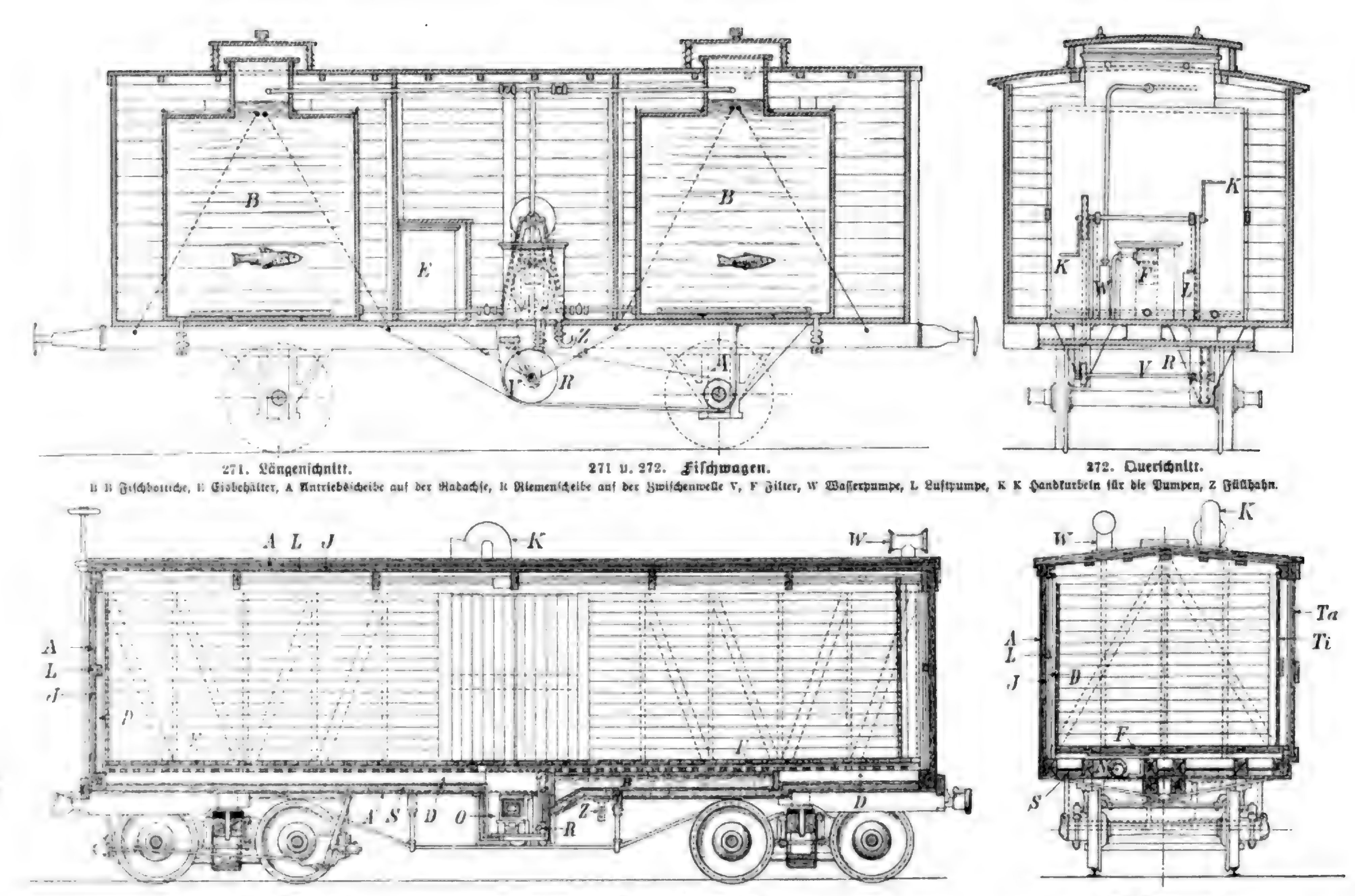
269. Talbots Güterwagen für Kohle, Erz u. s. w. mit Selbstentladung.

270. Kruppscher Geschützwagen mit 32 Rädern.

jenem Hafen eine 135 m lange und 15 m breite mit Kränen ausgestattete Ladebühne eigens für den Fischversand errichtet, deren Einrichtungen ein ungemein schnelles Verladen großer Fischmengen aus den Schiffen in zwei nebeneinander aufgestellte Züge gestatten. Sobald der letzte Wagen seine Last erhalten hat, dampft der Zug sofort in beschleunigter Fahrt seinem Bestimmungsorte zu. Nirgends erhält man auch wohl so allgemein einen vorzüglich mundenden Seefisch wie in den englischen Hotels.

Zum Transporte von geschlachtetem Vieh dienen in Amerika zahlreiche Kühlwagen. Durch eine sorgfältige Bauart (doppelte Wände und Fußböden) und durch Eis wird im Wageninneren zur Sommerzeit eine Temperatur von + 4 bis 5 ° C. erzeugt. Die großen Fleischfirmen jenes Landes, wie die Armour Co. in Chicago, kaufen im Westen das billige Vieh, schlachten es in Chicago, Kansas City in ihren Riesenschlachthäusern und versenden in eigenen Kühlwagen das Fleisch nach den großen Städten im Osten. Auch die größeren Bahngesellschaften besitzen zahlreiche derartige Wagen. Damit die Fleischstücke auf den langen Fahrten nach New York u. s. w. nicht durch Schütteln und

Digitized by Google



271. Längenschnitt. 271 u. 272. **Fischwagen.** 272. Querschnitt.

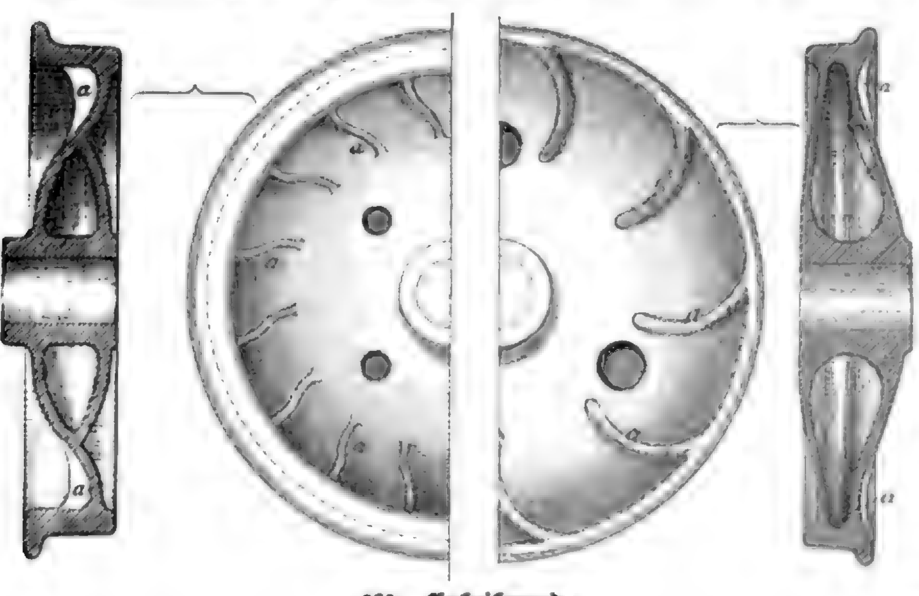
B B Fischbottiche, E Eisbehälter, A Antriebsscheibe auf der Radachse, R Riemenscheibe auf der Zwischenwelle V, F Filter, W Wasserpumpe, L Luftpumpe, K K Handkurbeln für die Pumpen, Z Füllhahn.

273. Längenschnitt. 273 u. 274. **Heizwagen.** 274. Querschnitt.

A Außenwand, J Innenwand, L Luftschicht zwischen beiden, F innerer Wagenkasten, D Zwischenraum für die warme Luft, S Schlackenwolle, O Ofen für Erdöl, B Oelbehälter mit Zeigervorrichtung Z, R Zuflußregler, N Rohr für die Verbrennungsgase, W Saugkopf für schlechte Luft, K Saugkopf für frische Luft, Ta äußere Thür, Ti innere Thür.

Aneinanderschlagen schlecht werden, sind die Drehgestelle dieser Wagen meist mit der ein sanftes Fahren ermöglichenden Wiege, also wie bei besseren Personenwagen, ausgestattet.

Noch vollkommener in der Bauart sind die von Eastman erfundenen, dem Versande von zarten Früchten, Gemüsen u. s. w. dienenden Heizwagen, wie sie in Amerika in größerer Zahl laufen. Der ganze Wagenkasten ist doppelwandig hergestellt. In ihm ist ein zweiter, oben offener Holzkasten aufgebaut, der die Ladung aufnimmt. Sein Fußboden steht etwas von dem des Wagenkastens ab, damit durch den Luftumlauf ein Verderben der Ladung durch unmittelbare Erwärmung des Fußbodens vermieden wird. Ein durch Erdöl gespeister Ofen unterhalb des Wagens liefert die nötige Wärme, die durch zwei auf dem Wagendache angebrachte Luftsauger geregelt wird. Der Ölbehälter von 250 l Inhalt kann etwa 14 Tage lang den Ofen versorgen, so daß die Ladung selbst beim Steckenbleiben des Zuges im Schnee nicht verderben kann. Eine besondere Vorrichtung regelt den Ölzufluß. Eine Tagesheizung erfordert etwa 18 l Öl. Abb. 273 gibt den Längsschnitt, Abb. 274 den Querschnitt eines solchen Wagens wieder. Im Sommer finden diese Wagen als Kühlwagen Verwendung. Das Eis wird in besonderen Behältern eingebracht. Man hat neuerdings auch auf den preußischen Staatsbahnen versuchsweise geheizte Güterwagen eingestellt (für Wein, Früchte). Da sie aber wenig benutzt wurden, ist die Heizeinrichtung wieder entfernt worden.



275. Gußeisenrad.

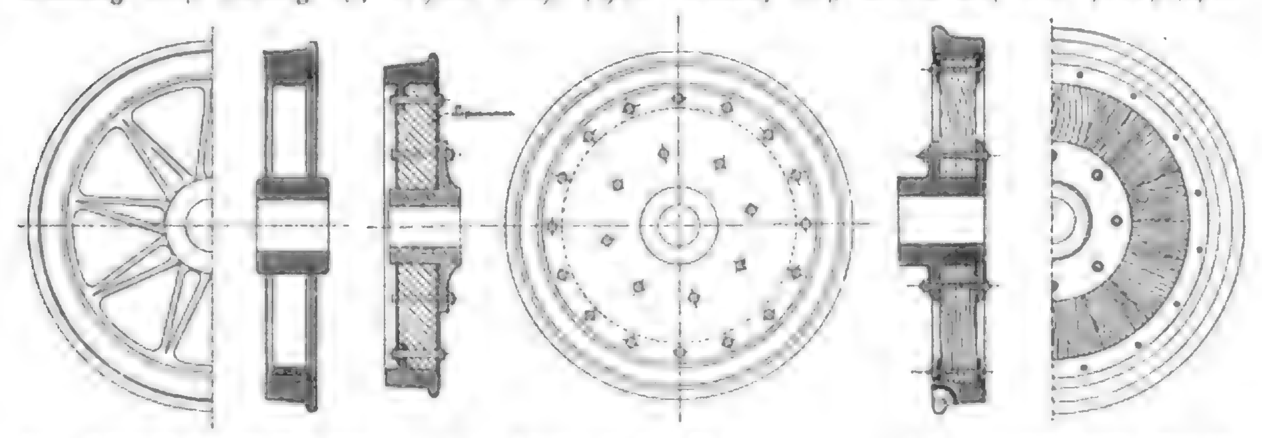
Wie Abb. 274 zeigt, haben die amerikanischen Güterwagen-Dächer die Form eines flachen Satteldaches, während sie bei uns gebogen sind. Im First ist in ganzer Länge ein Laufbrett (ohne Geländer) befestigt, das den amerikanischen Bremsern während der Fahrt (!) als Übergang von einem Wagen zum anderen dient, um nacheinander die einzelnen Handbremsen bedienen zu können, ein Verfahren, das ob seiner Gefährlichkeit bei uns mit Recht nicht gestattet sein würde.

Einzelheiten. Einige der wichtigeren, allen Wagen gemeinsamen Bestandteile seien nachstehend kurz erörtert.

Räder. Die Räder, anfangs in gewöhnlicher Weise aus Holz mit Eisenbeschlag oder aus Gußeisen hergestellt, werden jetzt meistens aus Schmiedeisen, Flußstahl, für Personenwagen auch aus Holz oder Papier gefertigt und mit besonderen Laufreifen aus hartem, zähem Flußstahl versehen. Gußeiserne Räder mit besonders harten Laufflächen (Hartgußräder), also ohne besondere Radreifen, werden zur Zeit in Amerika und Österreich-Ungarn auch vielfach noch unter Personenwagen verwendet, häufiger noch unter Güterwagen. In Deutschland sind sie endgültig aufgegeben, da sie sich hier nicht betriebssicher genug erwiesen. Abb. 275 zeigt zwei verschiedene doppelwandige Räder aus Gußeisen, Abb. 276 ein schmiedeisernes, Abb. 277 ein hölzernes und Abb. 278 ein Papierrad. Räder nach Abb. 276 heißen Speichenräder, nach Abb. 275, 277 u. 278 Scheibenräder. Die Speichenräder wurden 1830 von Losh, dem S. 151 genannten Freunde Stephensons, erfunden und ihm patentiert. Sie sind heute noch, wenn auch in den Einzelheiten und in dem Herstellungsverfahren durch Arbel (Frankreich), Brunon und viele andere abgeändert und verbessert, die verbreitetsten Eisenbahnräder. Im Gebiete des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen machen sie über 80% der

Gesamtzahl aus. Die Papierräder, erfunden von Allen, stammen aus Amerika, woselbst sie unter allen besseren Wagen laufen. Die Papierscheibe (Abb. 277) wird aus 56 Pappbogen zusammengeleimt, scharf getrocknet und gepreßt. Sie ist so hart, daß sie wie das Eisen auf Maschinen abgedreht werden kann. Die Verbindungsschrauben werden durch Dampfhämmer eingetrieben. Bei uns haben sich diese Räder nicht bewährt, ebensowenig wie die in England viel benutzten Holzscheibenräder (Abb. 278), nach ihrem Erfinder Mansell-Räder genannt. Diese trockneten ein, die Schrauben lockerten sich und der Bestand des Rades war gefährdet. Bei sorgfältiger Herstellung besitzen sie gleich den Papierrädern eine größere Elastizität als die Eisenräder, infolgedessen fährt es sich auf ihnen weicher, auch dröhnen sie nicht wie letztere. Vielfach sind auch geschmiedete und gewalzte Scheibenräder aus Fluß- oder Schweißeisen in Benutzung.

Die Räder müssen der Sicherheit wegen auf ihren Achswellen fest sitzen; sie werden deshalb unter sehr hohem Drucke — mindestens 50000 kg — auf diese aufgepreßt, wozu kräftige Wasserdruckpressen benutzt werden. Ihre Achszapfen müssen ferner besonders gut in Ölung gehalten werden, machen sie doch bei einem Schnellzuge bis 500 Umdrehungen in der Minute. Um sie bequem untersuchen und ölen zu können, werden sie nach Abb. 279 außerhalb der Räder angeordnet. Von welcher wirtschaftlichen Bedeutung diese Ölung ist, erhellt wohl schon daraus, daß allein auf den preußischen

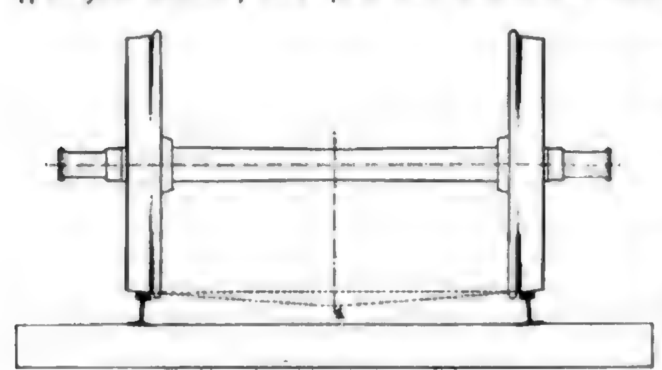


276. Schmiedeisernes Speichenrad. 277. Papierrad von Allen. 278. Holzrad, Bauart Mansell.

Staatsbahnen jährlich mehrere Millionen Mark für Schmieröl aufgewendet werden müssen. Bei mangelhaftem Ölen laufen die Zapfen bald warm, und der betreffende Wagen („Heißläufer") muß aus dem Zuge entfernt werden. Tritt dieses beispielsweise zur Nachtzeit an einem Schlafwagen ein, so ist die Störung für die Reisenden keine geringe — kleine Ursach', große Wirkung. Die Lagergehäuse dieser Zapfen, Achsbuchsen genannt, sind seit dem Bestehen der Eisenbahnen das Schmerzenskind der Eisenbahn-Ingenieure gewesen. So viele Hunderte von Abarten auch erdacht und erprobt, so viele Millionen ihre Einführung und ihr Ersatz auch schon gekostet hat, noch haben wir trotz aller neuzeitlichen Verbesserungen keine Bauart, die allen Ansprüchen des Betriebes genügt. Hier steht dem Erfinder noch immer ein lohnendes Gebiet offen.

Radreifen. Als 1827 Wood in England die schmiedeisernen Radreifen erfand, war für den wirtschaftlichen Betrieb der Eisenbahnen ein namhafter Fortschritt zu verzeichnen. Mußten vordem die ganzen Räder nach Abnutzung der Laufflächen erneuert werden, so beschränkte sich dieses hinfort nur noch auf den dünnen Reifen, der zudem zäher und haltbarer, somit betriebssicherer war als das gußeiserne Rad. Anfangs wurden die Reifen aus vorgewalzten Schmiedeisenstäben zusammengeschweißt. Schweißstellen sind stets schwache Punkte und geben zu Brüchen Anlaß; Reifenbrüche veranlassen aber Entgleisungen. Die schmiedeisernen Reifen wurden seit 1850 durch solche aus Puddelstahl ersetzt, die aber schon wenige Jahre später mit dem Aufblühen der Flußstahlfabrikation durch die Flußstahlreifen ohne Schweißung allgemein verdrängt wurden. Alfred Krupp in Essen gelang es nach vielen, zuerst an einem Bleiring angestellten Versuchen 1853 die ersten ungeschweißten „Gußstahlreifen" im Walzverfahren herzu-

stellen. Die gegossenen Stahlblöcke werden hierbei unter schweren Dampfhämmern vorgeschmiedet, dann gelocht, zu Ringen ausgetrieben und auf einem eigenartigen Walzwerk zu Radreifen ausgewalzt. Krupp nahm damals in allen Hauptländern ein Patent auf seine bedeutungsvolle Erfindung. Sie brachte ihm derzeit große Summen ein, die er zum Teil auf die recht kostspieligen Versuche zur Verbesserung seiner, seit vielen Jahren in der Welt unerreicht dastehenden Gußstahlkanonen verwandte. Im Jahre 1856 erfand Henry Bessemer das nach ihm benannte Verfahren der Flußstahlerzeugung, das wie auf allen Gebieten der Eisen- und Stahlindustrie auch im Eisenbahnwesen eine vollständige Umwälzung herbeiführte. Nun konnte man zu verhältnismäßig billigen Preisen ein sehr widerstandsfähiges, dabei gleichmäßiges Material verwenden. Auch die Achswellen, die Fahrschienen und andere Teile wurden nunmehr aus Bessemerstahl gefertigt. Als es dann 1865 Martin gelang, im Flammofen aus Stahl- und Schmiedeisenabfällen und Eisenerzen einen vorzüglichen Flußstahl herzustellen und die Heizung hierbei nach der Siemensschen Generativfeuerung durchzuführen, da war ein noch besserer Baustoff für die Reifen gewonnen. Freilich waren im Laufe der Jahre auch die Ansprüche an dessen Güte immer höhere geworden. Die Radlasten waren gewachsen, die Fahrgeschwindigkeiten vermehrt und die Fahrlängen der Züge gesteigert. Da ging Krupp dazu über, aus einer der edelsten Stahlarten, dem Tiegelflußstahl, Radreifen für die am stärksten beanspruchten Räder, das sind die Lokomotivtreibräder, herzustellen. Diese Reifen sind von ungemein großer Härte und Zähigkeit und besitzen eine Zerreißfestigkeit von mindestens 7000 kg/qcm. Wie alle Kruppschen Erzeugnisse, errangen sich auch seine Tiegelflußstahlreifen Weltruf. Heute trägt sogar ein großer Teil der in Nordamerika gebauten Schnellzuglokomotiven Radreifen von Krupp.

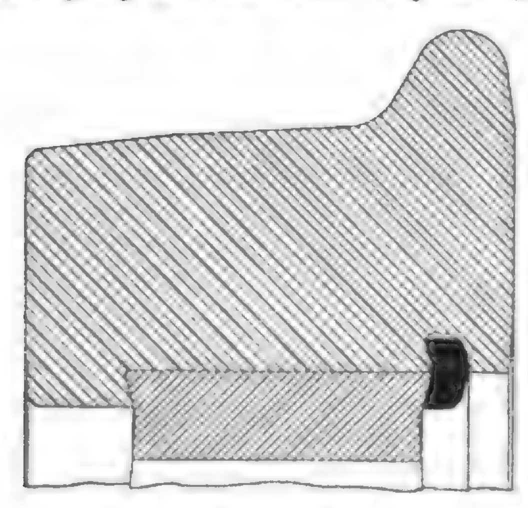

279. Räderform an der Lauffläche.

Gewöhnlich werden die Radreifen kegelförmig abgedreht, dergestalt, daß die den beiden Flächen eines Räderpaares gemeinsame Kegelspitze (S in Abb. 279) in die Gleismitte fällt. Es wird dadurch namentlich das Schlingern der Fahrzeuge im Gleise gemildert. Die Fahrschienen werden dementsprechend gegen die Senkrechte geneigt und zwar mit dem Kopfe nach dem Gleisinneren zu, um den Raddruck möglichst günstig auf die Schienen zu übertragen und das im Abschnitte „Oberbau" erörterte Kanten derselben zu erschweren. In Nordamerika kommen auch cylindrisch gedrehte Laufflächen vor. In Deutschland ist dieses wohl nur der Fall bei den Betriebsmitteln der hannoverschen Kleinbahn Kirchlengern-Wallücke, deren 60 cm-Gleis auch senkrecht gestellte Schienen zeigt. Neuere Versuche mit cylindrisch gedrehten Rädern auf geneigt stehenden Schienen ergaben bei Schnellzügen der preußischen Staatsbahnen unruhigeren Gang.

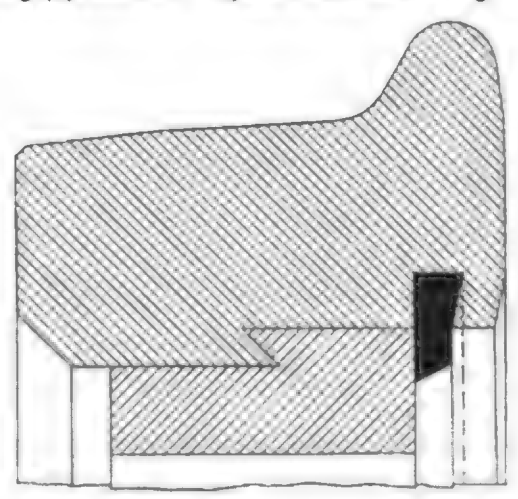
Die Laufflächen der Räder einschließlich Spurkränze dürfen sich nicht allzu stark auslaufen, weil sonst der Gang der Fahrzeuge verschlechtert und gefährdet wird. Sie müssen in solchem Falle wieder auf die genaue Form und bei den Treibrädern der Lokomotiven sowie bei Personenwagen auch auf gleichen Durchmesser abgedreht werden. Dieses verursacht namhafte Arbeits- und Materialkosten; zudem steht das Fahrzeug so lange außer Betrieb. Bei einer großen Verwaltung spiegelt sich daher der Nutzen harter, zäher Radreifen in größerer Betriebssicherheit und in großen Ersparnissummen wieder. Neue Radreifen sind 70—75 mm stark. Ihre geringste zulässige Stärke ist bei allen Eisenbahnverwaltungen genau vorgeschrieben. Sie beträgt z. B. für deutsche Hauptbahnen 25 mm (im Laufkreise der Räder gemessen).

Die Radreifen werden auf die Räder aufgeschrumpft, d. h. man dreht sie innen um $^{1}/_{1000}$ des Raddurchmessers kleiner aus und vergrößert ihre Weite vorübergehend durch Erhitzen, so daß sie um den Radkörper gelegt werden können. Beim Erkalten schrumpfen sie zusammen und haften dann sehr fest auf demselben. Durch das stetige

Hämmern der Räder auf die Schienen können sie aber, namentlich bei geringerer Stärke, dennoch mit der Zeit gelockert werden. Sie drehen sich dann auf dem Radkörper, zumal wenn Bremsklötze auf sie wirken. Um dieses und zugleich auch das Abfliegen der Radreifen im Falle des Zerspringens zu verhüten, werden sie noch durch besondere Mittel mit dem Rade verbunden. Aus den mehr als 100 im Laufe der Jahre hierfür ersonnenen Anordnungen haben sich diejenigen am besten bewährt, die den Reifen am ganzen Umfange festhalten. Es sind dies die Klammerringe von Mansell der Abb. 277 und der Sprengring der Abb. 280. Letzterer ist ein aufgeschnittener, schmiedeiserner Ring, der

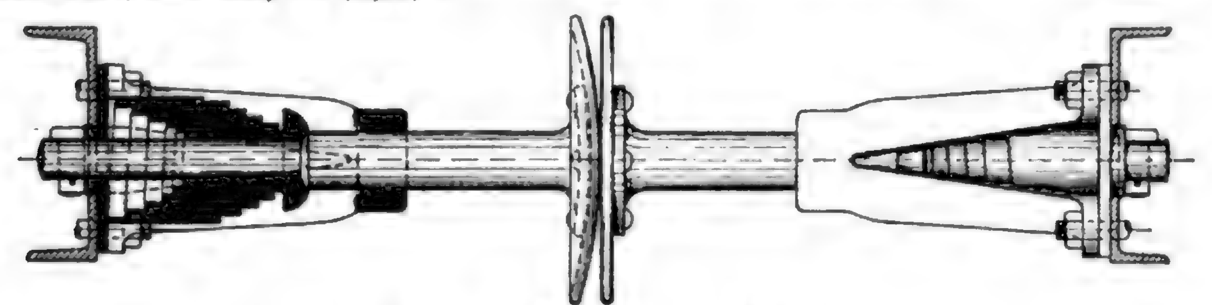


280. Sprengringbefestigung der preußischen Staatsbahnen.



281. Ältere Sprengringbefestigung. Patent Gibson, 1854.

halb in den Reifen, halb um den Radkörper gelegt wird. Um ihn am Herausfallen aus der Reifennut zu hindern, wird die Außenkante der letzteren niedergehämmert. Diese Befestigung hat in den letzten Jahren eine sehr große Verbreitung gefunden. Sie ist übrigens nicht neu, sondern schon 1854 von dem Engländer Gibson ersonnen worden, hat aber damals wenig Beachtung gefunden und geriet in Vergessenheit. Etwa 20 Jahre später wurde sie in Deutschland in verbesserter Art neu erdacht und hat dann im Verlauf weiterer 20 Jahre bei uns und im Auslande fast alle anderen Reifenbefestigungen verdrängt. Krupp hat das Zusammenschweißen des Reifens mit dem Radkörper vorgeschlagen und viele Räder hiernach ausgeführt. Diese Befestigungsart ist umständlich und teuer, aber auch die sicherste.

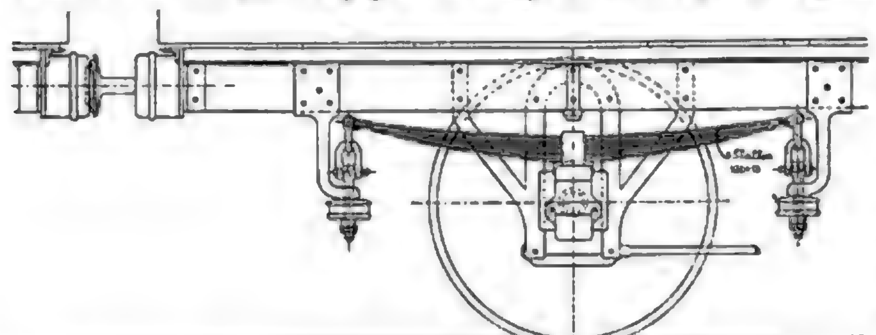


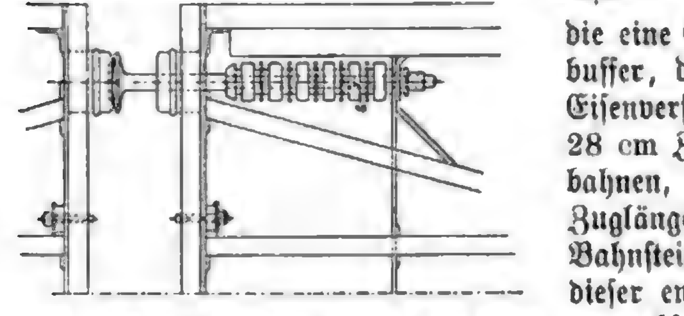
282. Buffer mit Spiralfeder und Bufferkreuz.

Zug- und Stoßvorrichtungen. Eine noch nicht befriedigend gelöste Frage ist die der Zugvorrichtung und Kuppelung, durch die die einzelnen Fahrzeuge miteinander verbunden werden. Trotz namhafter Fortschritte gegen früher lassen alle bisherigen Anordnungen noch zu wünschen übrig. In Europa steht für alle Hauptbahnen das Zweibuffersystem*) in Anwendung, in Amerika der Ein- oder Zentralbuffer, der auch bei Kleinbahnen meistens in Benutzung ist. Dementsprechend sind auch die Kuppelungen verschieden.

*) Die Bezeichnung Buffer stammt von dem englischen to buff — stoßen. Das häufig hierfür gebrauchte Wort „Puffer" ist unrichtig.

Jedes Eisenbahnfahrzeug muß an beiden Enden mit elastischen Stoß- und Zugvorrichtungen versehen sein, um die Stöße der Wagen gegeneinander zu mildern. Im Anfange der Lokomotivbahnen ließ man einfach die Haupt- oder Längsträger der Wagen über die Stirnseite vorstehen (vergl. Abb. 267), fand aber bald, daß hierbei ein elastisches Zwischenmittel unerläßlich sei, wenn der Wagen und seine Nutzlast geschont werden sollte. Man setzte deshalb gegen die Stirnflächen der Längsträger oder gegen die Querträger Ledersäcke mit Roßhaar gefüllt (Abb. 208). Sie waren nicht dauerhaft genug und wurden durch Eisenbuffer mit Gummischeiben ersetzt (vergl. Abb. 283). Da aber Gummi seine Elastizität mit der Zeit verliert und brüchig wird, so ersetzte man es auf den meisten Bahnen durch stählerne Spiralfedern. Statt der Hülse wird vielfach auch ein sogenanntes Bufferkreuz verwendet, das jeder Zeit eine Besichtigung der Spiralfeder ermöglicht. Abb. 282 zeigt die jetzt in Deutschland übliche Bufferanordnung. — Blattfedern, gegen deren Enden die beiden Bufferstangen sich stützen, werden im Auslande viel benutzt. Um in Kurven das Abbrechen oder Verbiegen der Bufferteller zu verhindern, auch das Verstellen der Wagen gegeneinander zu erleichtern, wird die rechte Bufferscheibe (Rücken des Beschauers gegen die Wagenstirnseite gerichtet gedacht) gewölbt, die linke flach gestaltet, so daß stets ein gewölbter Bufferteller auf einen flachen trifft.





283. Buffer der Untergrundbahnen in London.

Für geschlossene Züge im Stadtbahn- und Vorortverkehr kommen auf englischen Bahnen besondere Bufferanordnungen nach Abb. 283 zur Verwendung. Nur die eine Stirnseite derselben besitzt elastische Stoßbuffer, die andere hat Stoßplatten aus Holz mit Eisenverschalung. Die Wagen haben nur etwa 28 cm Zwischenraum gegen 135 cm der Hauptbahnen, was den Luftwiderstand mindert und die Zuglänge kürzt. Infolgedessen können auch die Bahnsteige kürzer gehalten werden; auch kann dieser enge Raum nicht mit einem offenen Abteil verwechselt werden, was sonst in dem Halbdunkel und dem hastenden Gedränge der Londoner Untergrundbahnen oder der Mersey-Tunnelbahn (Liverpool) nicht unmöglich wäre, zumal bei den dort üblichen hohen Bahnsteigen.

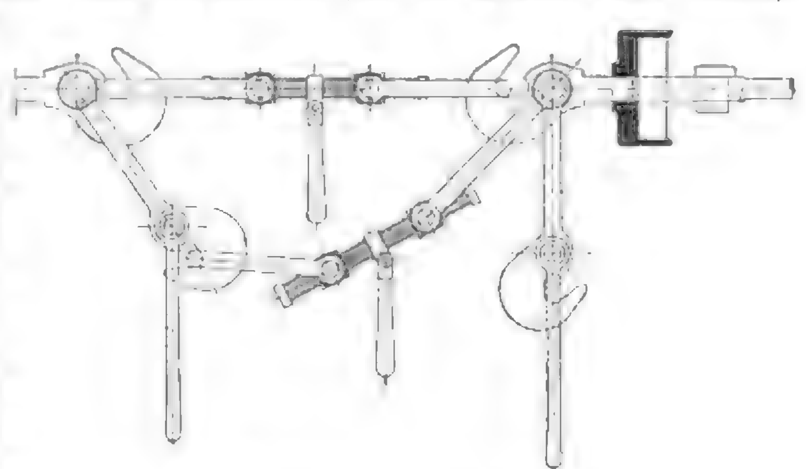
Wagenkuppelung. In dem ersten Jahrzehnt der Dampfbahnen wurden die Fahrzeuge einfach durch Ketten mit Haken verbunden. Hierbei war ein straffes Kuppeln der Wagen, wie solches bei schnellfahrenden Zügen oder auf kurvenreichen Bahnen zwecks Herbeiführung einer ruhigeren Gangart notwendig ist, nicht möglich. Um das Jahr 1840 führte die London-Birmingham Bahn zuerst die Schraubenkuppelung ein, deren mit Rechts- und Linksgewinde versehene drehbare Spindel den vorberegten Mangel beseitigte. Außer dieser Hauptkuppelung verband man auch noch in der Folge die Wagen durch je zwei Notketten. Es zeigte sich aber, daß diese stets rissen, wenn erstere brach. In Deutschland werden sie deshalb jetzt fortgelassen. Nach mancherlei Verbesserungen und Abänderungen in Form, Anordnung und Stärke sind die dem Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen angehörigen Bahnen (vergl. hierüber S. 275) im Jahre 1877 zu der in Abb. 284 wiedergegebenen Sicherheitskuppelung gelangt. Reißt die Hauptkuppelung, so tritt die zweite Kuppelung in Wirksamkeit.

Bemessen wurde die Kuppelung seiner Zeit für eine größte Lokomotivzugkraft von 6500 kg, wie sie sich auf der damals im Vereinsgebiete bestehenden ungünstigsten Bahnlinie, der Semmeringbahn (vergl. S. 109), durch Versuche mit 200 000 kg schweren

Güterzügen auf der Steigung von 25 ‰ und in der Krümmung von 190 m Halbmesser ergeben hatte. Nach Versuchen der Technischen Hochschule zu München und Wien tritt der Bruch dieser Kuppelung bei etwa 35 000 kg Zugkraft ein. Sie bietet also eine mindestens fünffache Sicherheit gegen Zerreißen. Seitdem ist aber die Zugkraft der Lokomotiven wesentlich gesteigert. Sie erreicht jetzt im Vereinsgebiete einen Höchstwert von 10 000 kg und mehr. So große Werte treten auch auf, wenn auf Steigungen lange Züge durch zwei gewöhnliche Güterzuglokomotiven befördert werden müssen. Auf einigen Bahnen werden deshalb derartige Züge durch die zweite Lokomotive über die Steigung geschoben, statt gezogen, was die Kuppelung wesentlich schont und Zugtrennungen verhindert. Aus gleichem Grunde läßt man auf den steilen Zahnbahnen die Wagen bergan durch die Lokomotiven schieben und bergab gegen die letzteren sich lehnen.

Die Unfälle, durch Zerreißen der Kuppelung herbeigeführt, waren vor Einführung der Sicherheitskuppelung zahlreich. Durch die Festigkeit der Schraubenkuppelung ist übrigens auch die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven nach oben begrenzt. Will man für bestimmte Strecken besonders kräftige Lokomotiven bauen, so darf deren am Zughaken auszuübende wirksame Zugkraft nicht größer sein, als die zulässige Beanspruchung der in Benutzung stehenden Wagenkuppelung.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika sind seit Januar 1898 sämtliche Eisenbahnfahrzeuge mit einer selbstthätigen Zentralbuffer-Kuppelung (ohne Seitenbuffer) ausgerüstet, deren Anordnung eine verschiedene ist (Miller-, Janney-Kuppelung u. s. w.). Mit ihr sind auch bei uns Versuche angestellt worden, da sie gegenüber dem Zweibuffersystem mancherlei Vorzüge aufweist. Bei letzterem ist das Ankuppeln der Wagen keine ungefährliche Arbeit. Alljährlich verunglücken auf den europäischen Bahnen zahlreiche Leute im Rangierdienst, die beim An- und Abkuppeln der Fahrzeuge durch die Buffer gequetscht werden. Eine ganze Anzahl Anordnungen sind erdacht und meist unter Patent gestellt, um diese Arbeit von der Außenseite der Wagen, also ohne ein Zwischentreten zwischen ihre Kopfenden zu ermöglichen. Auch selbstthätige Kuppelungen für das Zweibuffersystem sind ersonnen. Aber bis heute hat noch keine dieser vielen Bauarten den mannigfachen Anforderungen des Betriebes genügt. Die wechselnde Höhe der Zughaken, die erforderliche Beweglichkeit in den Gleiskrümmungen, das sichere Einfallen in den Zughaken und doch wieder notwendige leichte Lösen der Kuppelung erschweren die hier vorliegende Aufgabe sehr. Vielleicht führt eine nicht zu ferne Zukunft auch in Europa zu einer Zentralbuffer-Kuppelung ähnlich der vorerwähnten amerikanischen. Ihre Einführung wird zwar große Summen erfordern, aber auch eine wesentliche Verbesserung bilden.

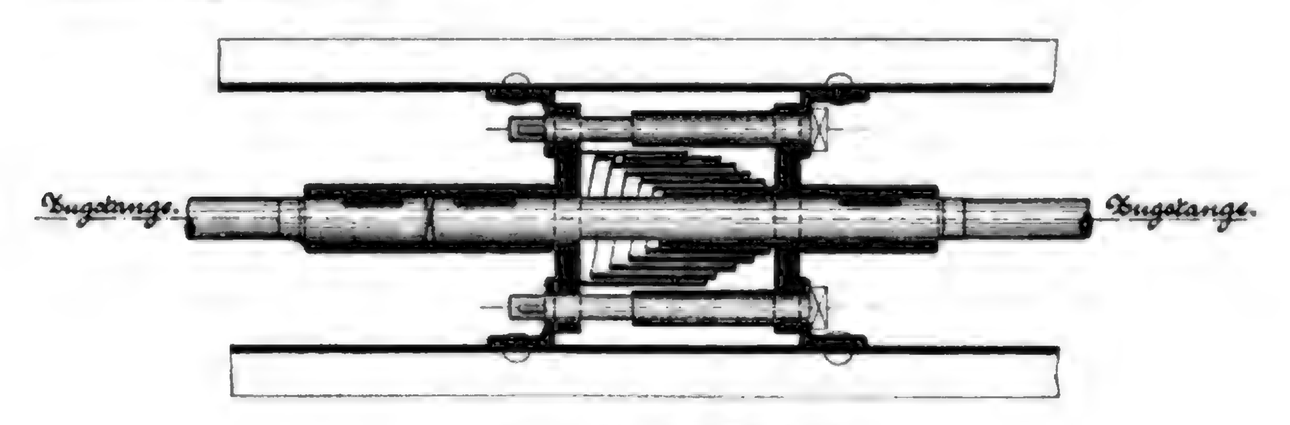


284. Sicherheitskuppelung der Wagen.

Zughaken und Zugstange. Abb. 284 zeigt auch die eigenartige, durch die Kräftewirkung bedingte und bereits 1843 von Reifert angegebene Form des Zughakens. Bis zum Jahre 1866 war es allgemein üblich, diesen Zughaken an der ihm zunächst liegenden Bufferbohle zu befestigen. Zwischen beiden Teilen lag zur Schonung des Wagens eine Feder. Die Zugkraft der Lokomotive wird bei solcher Anordnung unmittelbar von Untergestell zu Untergestell der Wagen übertragen und zwar auf dasjenige des ersten Wagens im Zuge in ihrer vollen Größe, auf die nachfolgenden in stetig abnehmender.

Mit dem Anwachsen der Zuglasten und dem entsprechender Vergrößerung der Lokomotivleistungen ergaben sich aber so viele Beschädigungen der Untergestelle, daß auf Ab

hilfe gesonnen werden mußte. Es wurde seitens einzelner Eisenbahnverwaltungen des Vereinsgebietes eine sogenannte durchgehende **Zugstange** erprobt, bei welcher die vorberegten Beschädigungen der Untergestelle nicht auftraten. Der Verein der Eisenbahn-Verwaltungen beschloß 1866 ihre allgemeine Einführung. Es sind hier die beiden Zughaken eines Wagens durch eine Stange (Zugstange) starr miteinander verbunden. An dieselbe ist der Wagen in der Mitte durch eine Spiralfeder nach Abb. 285 elastisch angehängt. Zieht man genügend kräftig an einem Zughaken, so drückt sich die Spiralfeder zunächst so weit zusammen, bis der Laufwiderstand des Fahrzeuges überwunden ist, d. h. bis die Räder auf den Schienen zu rollen anfangen. Das Zusammendrücken der Spiralfeder wird durch zwei um die Führungsbolzen gelegte Hülsen auf 6 cm beschränkt. In einem Wagenzuge mit angespannten Schraubenkuppelungen bilden diese demnach mit sämtlichen Zugstangen gleichsam eine einzige Stange oder, wenn man will, eine unelastische Kette, die durch jeden Wagen im Betrage seines Eigenwiderstandes belastet wird. Die Zugkraft der Lokomotive wird daher nicht erst auf die Untergestelle der Wagen übertragen, sondern unmittelbar auf die einzelnen Zugstangen; die Wagen werden also gegenüber der nicht durchgehenden Stange wesentlich geschont. Der vorderste Haken, bezw. die erste Kuppelung hat den gesamten Widerstand des Zuges (die ganze Zugkraft) aufzunehmen, während die folgenden Haken immer schwächer belastet werden. Da die Wagen beliebig im Zuge stehen können, so müssen die Haken und Kuppelungen sämtlicher Eisenbahnfahrzeuge der Höchstanforderung entsprechen.



285. Zugvorrichtung für Eisenbahnwagen.

Beispiel: Ein Güterzug von 50 Wagen habe einen Gesamtwiderstand von 5000 kg, wobei der Bewegungswiderstand der Wagen je 100 kg betragen möge.

Bei der nicht durchgehenden Zugstange muß dann das Untergestell des 1. Wagens 5000 kg, das des 2. 4900 kg, das des 3. 4800 kg u. s. w., das des 50. 100 kg von der Zugkraft der Lokomotive aufnehmen.

Bei der durchgehenden Zugstange dagegen wird jedes Untergestell nur mit 100 kg beansprucht; die Zughaken- und Schraubenkuppelungen werden natürlich genau wie im ersteren Falle seitens der Lokomotive in Anspruch genommen.

Die Einführung der durchgehenden Zugstange war eine hochbedeutsame Neuerung und von wohlthätigem Einfluß auf die Minderung der Betriebsstörungen und Unterhaltungskosten.

Die Bauart hat aber in der Neuzeit (nach Einführung der Westinghouse-Schnellbremse) wiederholt bei langen Personenzügen das Zerreißen der Schraubenkuppelung begünstigt, was in den verschieden großen elastischen Wegen der Stoßbuffer (an jedem Wagen mindestens 2 × 8 cm) und der Zugstangen (im ganzen Zuge nur 2 × 6 cm) beim Auflaufen der Wagen begründet liegt. Es neigen deshalb manche Ingenieure Deutschlands bezüglich der Personenwagen wieder zu der nicht durchgehenden Stange, bei der diese Wege gleich gemacht werden können.

In England und Frankreich hat man die durchgehende Zugstange — von vereinzelten Fällen abgesehen — nicht eingeführt und dafür die Untergestelle recht kräftig gebaut. Nordamerika benutzt eine selbstthätige Kuppelung ohne durchgehende Stange.

War im Anfang der Lokomotivbahnen die Bauart der Gleise, Fahrzeuge und der Nebeneinrichtungen den einzelnen technischen Leitern überlassen und infolgedessen eine sehr buntscheckige, so machten sich mit der späteren Ausdehnung des Bahnnetzes und dem Anschluß an fremde Linien bald die größten Übelstände geltend, namentlich in einem Lande wie Deutschland mit seinen damaligen 36 verschiedenen Staaten und Ländchen. Wagen der einen Verwaltung konnten nicht auf die Linie einer anderen übergehen, da außer der Spurweite fast alles verschieden war. Dieses hemmte und verteuerte den durchgehenden Verkehr; Umsteigen der Reisenden, Umladen der Güter war notwendig. Um die verschiedenen Buffermaße in Bezug auf Höhenlage über den Schienen und wagerechten Abstand von einander auszugleichen, hatten mehrere Verwaltungen (Bayern, Ungarn) vier Buffer an jeder Wagenseite angebracht, zwei davon für den eigenen Wagenpark, die beiden anderen für die Wagen der Anschlußbahn passend.

Da kamen im Jahre 1846 zehn preußische Eisenbahnverwaltungen auf den glücklichen Gedanken, zu einer Vereinigung sich zusammen zu schließen und einheitliche Grundregeln für die Bahnanlage, sowie Bestimmungen für die Hauptmaße der Fahrzeuge festzulegen. Dieser Vereinigung schlossen sich bald alle deutschen Bahnen an, desgleichen eine Anzahl ausländischer, und so entstand der „Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen". Ihm gehören jetzt 73 Verwaltungen mit rund 76 000 km Bahnlänge an und zwar 41 deutsche Bahnen, 21 österreichisch-ungarische, vier holländische, drei belgische und je eine rumänische, luxemburgische, russisch-polnische (Warschau-Wien) und eine bosnische Bahn.

Der Verein hat eine höchst segensreiche und befruchtende Thätigkeit ausgeübt. Neben der Festsetzung einheitlicher Maße und Konstruktionsteile, die in den von Zeit zu Zeit neu gefaßten „Technischen Vereinbarungen" in mustergültiger Weise zusammengestellt sind, und neben der Anbahnung einheitlicher Einrichtungen im Betriebe, Verkehr und in der Verwaltung hat er durch seine Förderung wissenschaftlich-experimenteller Untersuchungen eisenbahntechnischer Probleme, sowie durch seine zeitweiligen Preisausschreiben ungemein fördernd auf das gesamte Eisenbahngebiet eingewirkt. Schwerlich ständen ohne ihn die deutschen Bahnen auf ihrer jetzigen hochentwickelten Stufe, die nach verschiedenen Richtungen hin (eiserner Oberbau, Lokomotivbau, Lenkachsen, Heizung und Beleuchtung der Wagen u. s. w.) vorbildlich für das Ausland gewesen ist, und schwerlich hätten wir ohne ihn den jetzt so vortrefflich geregelten durchgehenden Verkehr, der für das reisende Publikum und den Güterfernversand so große Erleichterungen und Bequemlichkeiten geschaffen hat — weit über Deutschlands Grenzen hinaus.

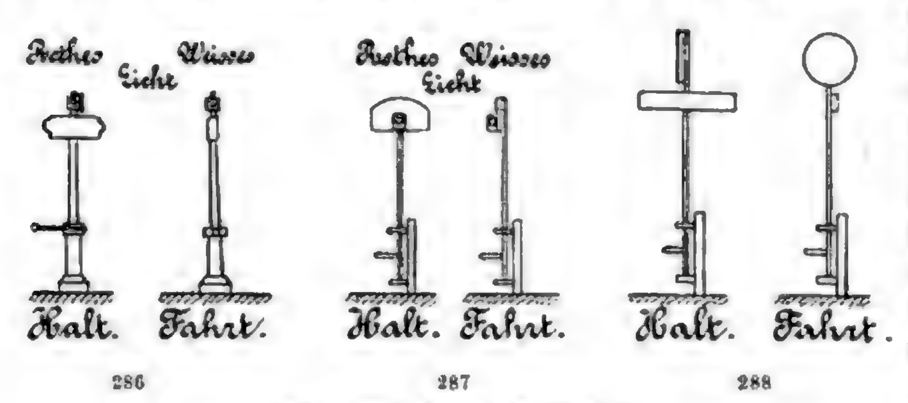
Signalwesen und Weichensicherung.

Signale.

Geschichtliches. Die Eisenbahnzüge bedürfen zur Sicherung ihres Laufes der Signale. Schon G. Stephenson hatte dieses bei der Eröffnungsfeier der Liverpool-Manchester Bahn erkannt, als er den durch die „Rocket" zu Tode getroffenen Huskisson (S. 204) in rasender Schnelle auf der Plattform des „Northumbrian" heimbeförderte. Wohl auf seine Anregung wurden Handsignale eingeführt, die durch Wärter bei Tage mittels Handflagge, in der Dunkelheit mittels einer Handlaterne gegeben wurden. Alte englische Zeitschriften zeigen uns diese Signalwärter in den langschößigen Röcken und unförmigen Hüten jener Zeit, wie sie auf ihrem Posten einem nahenden Zuge das Flaggenzeichen gaben (vergl. auch Abb. 206). Für einen gesicherten Zugverkehr war dieses Verfahren sehr unvollkommen. Die Verwaltung der Liverpool-Manchester Bahn führte deshalb im Jahre 1834 feststehende Signale nach Abb. 286 ein. Diese ersten Standsignale bestanden aus drehbaren Holzpfosten, an deren oberem Ende ein Brettstück befestigt war. Es war auf beiden Flächen rot gestrichen und bedeutete, dem Zuge voll zugekehrt: „Gefahr" oder „Halt". Stand kein Hindernis der Zugfahrt entgegen, so wurden die Pfosten um 90° gedreht, und die Signaltafel zeigte ihre schmale Seite dem Zuge, war also nicht weiter sichtbar. In der Dunkelheit deutete rotes Licht einer kleinen aufgesteckten Laterne „Halt", weißes „Fahrt". Etwas später folgte die Grand-Junction Bahn mit ähnlichen Signalen (Abb. 287). Beide Signalarten lassen in ihrer höchst einfachen Bauart den großen Fortschritt erkennen, der seitdem im Signalwesen zu verzeichnen ist. Sie zeigen recht deutlich, verglichen mit den Abb. 294 u. 329 den Abstand auf diesem Gebiete zwischen einst und jetzt.

Auf weite Entfernungen hin sind aber Farben bei Tage nicht zu unterscheiden, auch nicht immer auf nähere Entfernungen bei gewissen Luft- und Beleuchtungsverhältnissen. Schon die Gebrüder Chappe, die 1792 ihren bekannten Flügeltelegraphen von Paris nach der Ostgrenze erstellten und daher die Begründer der Flügelsignale sind, hatten wertvolle Untersuchungen über diesen Punkt angestellt. Ihre wichtigsten Ergebnisse sind folgende drei: 1) Die Sichtbarkeit des weißen Lichtes ist am größten. Wird sie gleich 1 gesetzt, so ist die eines gleich stark brennenden farbigen Lichtes nur ein Bruchteil davon und zwar rotes Licht = $^1/_3$, grünes Licht = $^1/_5$, blaues Licht = $^1/_7$. Weißes Licht eignet sich jedoch nicht zur Zeichengabe auf weite Entfernungen, da es unter gewissen Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft farbig (rot, orange, selbst grün) erscheinen kann. 2) Die Sichtbarkeit eines beleuchteten Körpers nimmt ab mit der Quadratwurzel seiner Beleuchtungsstärke und seiner Fläche. 3) Unter gewissen Beleuchtungsverhältnissen verschwinden alle Farben; deshalb eignet sich nur die Form, nicht die Farbe der Signale zu Fernzeichen.

Isambart Brunel gab in Übereinstimmung mit dem letzteren Erfahrungssatze den von ihm auf der Great Western-Bahn eingerichteten Signaltafeln neben der Farbe auch besondere Formen, die das Erkennen sehr erleichterten. Sind nun auch jene, zum Teil höchst seltsamen Brunelschen Signalbilder in der Folge nicht beibehalten, so sind doch auch unsere heutigen sichtbaren Signale ebenfalls auf Farben und Formen begründet. Die ältesten Signale der Great Western-Bahn gibt Abb. 288 wieder. Die rechteckige rote Scheibe bedeutete „Halt", die runde weiße „Fahrt". Hier finden wir auch zum erstenmal das Fahrsignal ausdrücklich durch ein besonderes Zeichen erteilt, während die Abb. 286 u. 287 die Fahrt durch das Fehlen eines solchen andeuten. Im Eisenbahnbetriebe kann aber volle Sicherheit nur durch Befehlsformen, nicht durch Unterlassungsformen erzielt werden. Letztere wurden deshalb auch später überall aufgegeben und der in Abb. 288 niedergelegte Gesichtspunkt allein zur Geltung gebracht.

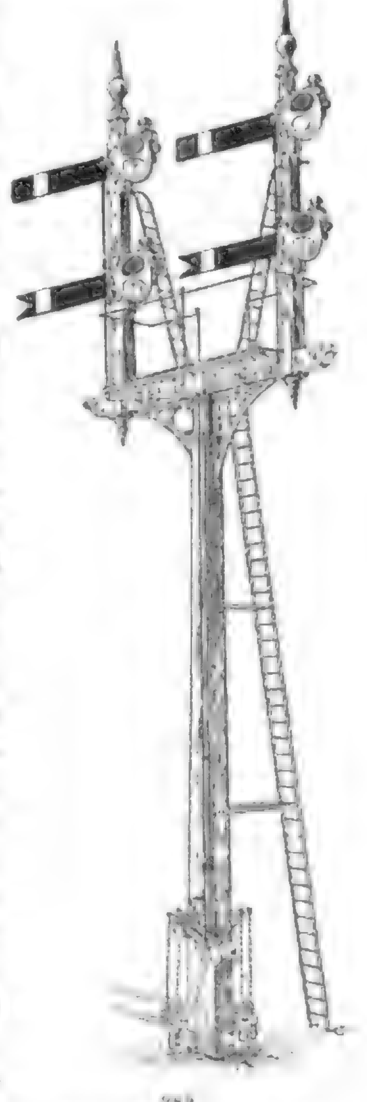


286 bis 288. **Älteste Standsignale**
286 der Liverpool-Manchester Eisenbahn, 287 der Grand-Junction Bahn, 288 der Great Western-Bahn.

Das jetzt auf allen Bahnen übliche Mastensignal mit Flügeln oder Armen (Semaphore) wurde 1842 durch Gregory erfunden und zuerst auf der englischen Croydon-Bahn zur Anwendung gebracht. Die Signalmasten standen am Bahnsteig, entsprachen also unseren heutigen Stationssignalen, den home signals der Engländer. Ihre Flügel wurden durch einen unten am Maste befindlichen Handhebel gestellt. Drei Signale konnten gegeben werden: „Halt" durch wagerechte Flügellage, „Vorsicht" durch schräg nach unten zeigende, „freie Fahrt" durch senkrechte, also nicht sichtbare. Nach Findlays Angabe kam 1846 ein findiger Weichensteller, dem die Bedienung zweier von seiner Bude abseits stehender Mastensignale übertragen war, auf den Gedanken, diese entfernten Signale von seiner Hütte aus durch ein Stück Draht zu stellen, so daß er sich die Wege nach und von den Masten ersparen konnte. Als Belastungsgewicht diente ihm ein alter Schienenstuhl. Damit war die Möglichkeit gezeigt, Flügelsignale aus der Entfernung zu stellen, und das „Distanzsignal" — ein heutigestags bis 1000 m weit über das Stationssignal hinausgeschobener Signalmast — wurde eingeführt. Es zeigt dem englischen Lokomotivführer schon von weitem die Stellung des Stationssignals an. Steht letzteres auf „Halt", so zeigt das Distanzsignal ebenfalls „Halt", aber in der Bedeutung von „Langsam fahren". Der Führer muß dann die Geschwindigkeit seines Zuges so weit mäßigen, daß er unter allen Umständen den Zug dicht vor dem Stationssignal

zum Halten bringen kann, falls dieses bis dahin noch „Halt“ zeigt. Aus dem Distanzsignal hat sich das deutsche „Vorsignal“ (Abb. 9 auf der Signaltafel) entwickelt. In Deutschland darf grundsätzlich niemals über ein Haltsignal hinausgefahren werden.

Als dann 1853 das auf S. 308 geschilderte Blockverfahren zur Einführung gelangte, wurden auch Ausfahrsignale notwendig. Diese drei Arten: Stations-, Distanz- und Ausfahrsignale sind heutigestags auf allen englischen Bahnen gebräuchlich. Auf den deutschen Linien haben wir ebenfalls eine Dreizahl: Einfahr-, Vor- und Ausfahrsignale. In beiden Ländern bezeichnet die wagerechte Flügellage „Halt“ oder „Gefahr“, dagegen wird in Deutschland „Fahrt“ durch den unter 45° schräg nach oben gerichteten, in England durch den ebenso nach unten geneigten Flügel angezeigt. Entsprechend dem Rechtsfahren der deutschen Bahnen weist hier der Flügel — von dem Zuge aus betrachtet — stets nach rechts, in England dem dort üblichen Linksfahren entsprechend nach links. Die Mastenhöhe kommt drüben bis zu 21 m vor. Abb. 289 zeigt ein englisches Mastensignal für 2 in gleicher Richtung befahrene Gleise mit kurzen Stationsabständen. Die oberen Flügel stellen das Stations- bezw. Ausfahrtsignal dar, die unteren, durch einen Pfeilausschnitt gekennzeichneten, das Distanzsignal. Vergl. auch Abb. 294 u. 325.



289. Englisches Mastensignal.

Neben den sichtbaren Signalen haben sich sehr bald auch die hörbaren als notwendig erwiesen. Die Abfahrt der Züge, das Ingangsetzen einzelner Lokomotiven bedingte aus naheliegenden Sicherheitsgründen für Reisende und Beamte ein zuvor gegebenes, weithin hörbares Signal; desgleichen die Annäherung an einen Gleisabschnitt, auf welchem Hindernisse (Menschen, Tiere) bemerkt wurden; nicht minder der Beginn des Anziehens der Bremsen, sowie ihres Lösens u. s. w. Derartige Signale wurden anfangs mit dem Rufhorn, später mit der Dampftrompete (Abb. 205) gegeben, dann seit Mitte der 30er Jahre von der jetzt überall herrschenden, weit wirksameren Dampfpfeife. Anfangs von der Öffentlichkeit mit Entsetzen und Unwillen aufgenommen, hat letztere sich als eines der nützlichsten Signalmittel erwiesen. Der schon genannte geistvolle Eisenbahn-Schriftsteller Max Maria v. Weber gibt in seiner 1867 erschienenen Schrift: „Das Telegraphen- und Signalwesen der Eisenbahnen“ für ersteres einige köstliche Belege. So klagte der „Globe“ im Juli 1834, „daß es als ein Rückschritt in der Zivilisation bezeichnet werden müsse, wenn man gestatte, daß dieses entsetzliche Geschrei, gegen welches das Kampfgeheul der Rothäute Wohllaut sei, mitten in großen Städten am Wohnplatze der stillen geistigen Thätigkeit und an den Edelhöfen der genießenden Nobility erklingen dürfe.“ Andere Blätter machten auf die Gefahren aufmerksam, welche dieses markerschütternde Schreien auf Frauen mit zarten Nerven und auf Kranke haben müsse, welches Unheil angerichtet werden könne, wenn Zugtiere dadurch scheu würden — und so kam es nahe an die Möglichkeit, daß das Instrument verboten wurde. Nur die Klarheit, mit der dessen hohe Nützlichkeit für die Sicherheit des Eisenbahnbetriebes nachgewiesen wurde, rettete dasselbe.

Außer den vorgenannten wurden auch für mancherlei andere Zwecke des Eisenbahnbetriebes sicht- und hörbare Signale nach und nach eingeführt. Dahin gehören die Knallsignale, welche 1846 in England erfunden wurden und von denen weiter unten die Rede ist; ferner auch die Signale des Zugpersonals, um die Lokomotivführer in gewissen Fällen zum Langsamfahren oder Halten zu veranlassen. Eine der ältesten und zugleich seltsamsten Ausführungsformen hierfür war die Tenderwache. Ein auf dem Tender eigens dazu bestimmter Mann mußte während der Fahrt stets den Zug

Digitized by Google

beobachten, um im Falle, daß sich an diesem etwas Außergewöhnliches ereignen sollte, den Lokomotivführer hiervon sofort zu verständigen. Später erhielt dieser Ausguck seinen Platz im Packwagen, und zwar entweder in einem erhöhten Aufbau oder einer seitlich ausragenden Nische.

Naturgemäß bildete sich das Signalwesen in den einzelnen Ländern verschieden aus. Namentlich war es in Deutschland und England sehr voneinander abweichend. In letzterem Lande bildeten Bahnübergänge in Schienenhöhe die Ausnahme, in Deutschland waren sie die Regel. Hier wurde infolge davon ein weit größeres Bahnwärterpersonal nötig als bei den englischen Bahnen. Da diese Wärter in kleinen, längs der ganzen Bahnlinie errichteten Wärterhäusern auf Posten sein mußten, so lag der Gedanke nahe, sie zur Zeichengabe heranzuziehen. Man stattete sie zu dem Zwecke mit Hörnern, Flaggen und Laternen aus, stellte später auch Signalmaste neben den genannten Häusern auf und konnte so von Wärter zu Wärter und damit von Station zu Station signalisieren. Es waren dieses die früher allgemein bei uns üblichen „durchgehenden" Streckensignale, die unter anderem namentlich dazu dienten, einem Zuge vorauszueilen und sein Nahen den Streckenwärtern und den Stationen anzuzeigen. Man war hierbei aber von der Aufmerksamkeit der ersteren, sowie vom Wetter abhängig. Die sichtbaren Signale versagten bei unklarem Wetter (Nebel, Schneetreiben), die mit dem Horn gegebenen bei Sturm. Sie sind später durch die weiter unten erörterten elektrischen Läutewerke erfolgreich ersetzt worden.

Signalformen. Die Ausführungsformen für die einzelnen Signalbegriffe waren ebenfalls in den einzelnen Ländern verschiedenartig. In keinem Lande jedoch haben sie eine solche Buntscheckigkeit angenommen wie in Deutschland zur Zeit seiner politischen Zerrissenheit. Während in England und Frankreich seit den 40er Jahren etwa 30 verschiedene Signalbegriffe mit fast einheitlicher Ausführungsform im Gebrauch standen, erweiterte man auf deutschen Bahnen ihre Zahl auf das Dreifache und legte nach v. Weber insgesamt etwa 1000 (!) Formen für sie fest, wovon 677 auf 58 Hauptbegriffe entfielen. Ja, bei acht gewissen Signalen waren sogar nicht weniger als je 21 verschiedene Formen für jedes davon in Anwendung! Mitte der 60er Jahre gab es denn auch in deutschen Landen 98 verschiedene, gleichzeitig in Benutzung stehende Signalbücher, in denen dieses Riesenheer von Zeichen niedergelegt war. Da gab es für die durchgehenden Streckensignale Masten mit einem oder mehreren Flügeln, Scheiben, Ballons, Körben (letztere mit und ohne Flaggen), Figuren, Pfeilen, alle wieder sehr verschieden gestaltet; daneben gab es Klingelzüge von Wärter zu Wärter und Signale mit dem Horn, der Trompete u. s. w.; ferner vor und auf den Bahnhöfen erhöht angebrachte wendbare oder umklappbare Scheiben, Figuren, Kästen mit Anschriften u. s. w. Für die Nachtsignale wurden Lichter — festsitzende, bewegliche oder auch beide Arten vereinigt — benutzt, auch Fackeln, Feuertöpfe, bengalische Lichter fanden Verwendung. Andere Bahnverwaltungen wieder beleuchteten die Tagessignale während der Dunkelheit, andere schrieben für bestimmte Fälle Knallkapseln vor u. s. w. Es gab elektrische Signale mit Glocken, Zeigerwerken, Schreibvorrichtungen, Lokomotivsignale mit dem Dampfhorn, der Dampfpfeife oder der Tenderglocke. Dazu kamen die nicht minder mannigfachen Weichen-, Drehbrücken- und Tunnelsignale, die Handsignale mit sehr verschieden gefärbten Flaggen, farbigen Laternen und anderen Gegenständen. Kurzum, es herrschte eine Vielseitigkeit der Formen und Weisen, die zwar dem menschlichen Erfindergeist alle Ehre machte, die aber gerade hier am wenigsten am Platze war. Sie war in dem an Grenzpfählen und Partikularismus so reichen Deutschland auch eine Kleinstaaterei, eine Folge der politischen, und wie diese, von übler Wirkung für die Gesamtheit, und jener trieb auch hier seltsame Wucherungen.

v. Weber schreibt 1867: „Zeigten die durchgehenden Tagessignale auf den verschiedenen Bahnlinien die abweichendsten Gestalten, so war dies bei den optischen Nachtsignalen in noch weit höherem Maße der Fall. Hier galt rotes, dort grünes, dort weißes Licht für das Ordnungszeichen („Bahn frei"), hier wurde Rot, dort Grün, dort Weiß für Gefahr- und Haltsignale verwandt, hier bediente man sich des weißen, dort des grünen, dort des roten Lichtes, um „Langsam fahren" zu rufen. Hier hielt man ein Licht wechselnder Farbe für

ausreichend zum Erteilen der verschiedenen Signale, dort kombinierte man zwei und drei gleichfarbige, dort alle drei verschiedenen Farben zur Herstellung der geforderten Zeichen. So kam es denn, daß die acht Begriffe, die durchgehende Signale auszudrücken haben, in 166 Formen auf deutschen Eisenbahnen auftraten und es den denkenden Techniker beim Durchblättern der Signalbücher der verschiedenen Linien unwillkürlich anmutet, als hätten sich hier Kollegen auf Durchführung des Scherzes das Wort gegeben, daß jeder für jeden Begriff ein neues Signalzeichenwesen erdenken und ins Leben führen solle."

Der aufmerksam beobachtende Eisenbahnreisende konnte auf einer Fahrt von der Isar nach dem Nordseestrande oder vom Rhein zum Rhin eine ganze Musterkarte dieser Signalungeheuerlichkeiten studieren. Die für die Eisenbahnen eines großen Landes so notwendige Einheitlichkeit im Signalwesen war hier in das grellste Gegenteil verwandelt.

In England sah es im ersten Jahrzehnt des Eisenbahnbetriebes nicht viel besser aus. Auch dort war Buntscheckigkeit in den Signalbildern zu Hause, auch dort bedeutete auf einer Bahn ein Signal „Halt", das auf einer anderen „Fahrt" anzeigte. Doch bald erkannte man die zwingende Notwendigkeit, diesen Mißstand zu beheben. Schon im Frühjahre 1841 hatten sich die Verwaltungen auf ein einfaches, klar durchdachtes Signalwesen geeinigt. Es war freilich auch dort in Anbetracht des starken Verkehres mit seinen vielen und starken Zügen weit dringender geboten, als zu jener Zeit in Deutschland. Auch war eine einheitliche Regelung in jenem Einheitsstaate viel leichter durchführbar, als in dem derzeit so sehr partikularistisch angehauchten deutschen Staatenbunde.

Solange deutsche Züge nur das eigene Bahngebiet befuhren, wurde der Mangel einheitlicher Signalformen nicht sonderlich empfunden, was aber sofort der Fall war, als der wachsende Verkehr eine Durchführung der Züge durch verschiedene Gebiete erheischte und Knotenpunkte mit gemeinschaftlichem Bahnhofe für mehrere Bahnlinien entstanden. Recht fühlbar trat dieser Mißstand im Jahre 1866 zur Zeit des preußisch-österreichischen Krieges auf, als es galt, die preußischen Militärzüge nach und von den Kriegsschauplätzen zu befördern. An die Aufmerksamkeit und die Besonnenheit des Bahnhofs- und vor allem des Lokomotivpersonales wurden damals die höchsten Anforderungen gestellt, mußte doch letzteres häufig ihm unbekannte Linien befahren, deren Signalformen völlig von den gewohnten abwichen. Man half sich hier anfangs durch geringe Fahrgeschwindigkeit und in der Folge auch durch Verwendung weniger, einheitlicher Signale. Wohl traten vereinzelt unliebsame Stockungen auf, aber die Zahl der Unfälle blieb doch verhältnismäßig klein. Hatte somit der Krieg den Nutzen einheitlicher Signale für die deutschen Bahnen gezeigt, so erfolgte ihre Einführung, trotz darauf hinzielender Bemühungen des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen, doch noch nicht so bald; denn selbst jetzt fanden sich immer noch gewichtige Gegner des einheitlichen Signalwesens, die in ihm Nachteile für die Weiterbildung desselben erblicken wollten. Es bedurfte dazu erst noch der Erfahrung des Krieges von 1870/71, der das Klägliche und Schädliche der deutschen Signalbuntscheckigkeit recht ernst und eindringlich klar legte, als von Beamten der verschiedensten nord- und süddeutschen Bahnen der Betrieb auf einem großen Teil des französischen Netzes durchzuführen war. Als dann die politische Einheit unseres Volkes auf den französischen Schlachtfeldern fertig geschmiedet war, da trat auch hier endlich der ersehnte und so notwendige Wandel ein. Am 4. Januar 1875 wurde vom Reichskanzler eine durch den Bundesrat festgesetzte einheitliche und sehr einfach gehaltene Signalordnung für die Eisenbahnen Deutschlands erlassen, die am 1. April jenes Jahres in Kraft trat. Seitdem gilt auf allen Maschen des ausgedehnten deutschen Bahnnetzes ein und dieselbe Form für den gleichen Signalbegriff. Nur in Bayern bestehen zur Zeit noch einige Ausnahmen.

Die deutsche Signalordnung, welche 1885 in neuer, sodann 1892 in weiter vereinfachter Fassung herausgegeben und 1898 in einigen Punkten abgeändert und ergänzt wurde, kennt nur 30 Signalbegriffe. Sie sind in folgende 9 Gruppen zusammengefaßt: 1. Signale mit elektrischen Läutewerken und Hornsignale; 2. Handsignale der Wärter und Scheibensignale; 3. Signale am Signalmast; 4. Vorsignale; 5. Signale an Wasserkränen; 6. Weichensignale; 7. Signale am Zuge; 8. Signale des Zugpersonales; 9. Rangiersignale.

Die sieben wichtigeren Gruppen seien hier kurz erörtert.

Läutewerke. Die elektrischen Läutewerke sind bei uns an die Stelle der alten durchgehenden Streckensignale getreten. Wie schon erwähnt, versagten die letzteren mitunter, und Abhilfe that not. Durch die Erfindung der elektrischen Telegraphie wurde sie gründlichst geschaffen. Gauß und Weber hatten 1833 der staunenden Welt zum erstenmal die elektrische Fernzeichengabe auf etwas größere Entfernung in Göttingen vorgeführt. Noch bedienten sie sich zweier Kupferdrähte für Hin- und Rückleitung des Stromes. Da machte Steinheil in München die hochbedeutsame Entdeckung von der Erdleitung und zeigte damit, daß zum Telegraphieren nur ein Draht und damit die halbe Anlagesumme für die Kupferleitung erforderlich ist. Er vereinfachte und verbesserte auch wesentlich die Vorrichtung zur Zeichengabe und ist der eigentliche Begründer unserer heutigen Telegraphie, zumal die Vorschläge, die Weber 1835 der Leipzig-Dresdener Eisenbahn-Gesellschaft zur Einrichtung der elektrischen Telegraphie gemacht hatte, nicht durchführbar waren. Morse erfand dann die in Amerika und auf dem europäischen Festlande schnell verbreitete nach ihm benannte elektromagnetische Schreibvorrichtung (Fernschreiber), welche mit Hilfe eines aus Strichen und Punkten gebildeten Alphabetes der Empfangsstation die elektrisch weitergegebene Mitteilung vorlegt. Cooke, Wheatstone u. a. verbesserten die seitdem in England zur Zeichengabe gebräuchliche Zeiger- und Nadelvorrichtung, und so war bald in der ganzen Eisenbahnwelt ein (in der Folge weiter entwickeltes) Mittel in Benutzung, durch das sich die Stationen mit Blitzesschnelle sicher über den Abgang und die Ankunft der Züge u. s. w. verständigen konnten.

290. Läutewerk mit Doppelglocke.

Doch dem Streckenpersonale war erst geholfen, als fast gleichzeitig mit der Morse-Erfindung es dem Berliner Mechaniker Leonhardt gelang, die Elektrizität auch für die durchgehenden Signale dienstbar zu machen. Nach seinem Vorschlage wurde im Herbst 1846 zuerst auf der thüringischen Eisenbahn jedes Wärterhaus mit einer starktönenden Glocke versehen, deren Anschlaghammer durch ein vom Wärter aufzuziehendes Uhrwerk (mit Gewichtsantrieb) in Thätigkeit gesetzt wurde, sobald es die Abgangsstation auf elektrischem Wege auslöste. Da die Leitung hierfür zwischen je zwei Nachbarstationen durch die Erde geschlossen wird (Kreisschluß), so ertönen bei dieser Auslösung nur die Läutewerke zwischen diesen beiden Stationen. Die Einlösung besorgt das Uhrwerk selbstthätig. Den Bahnwärtern können also je nach der Zahl der Hammer- bezw. Glockenschläge gewisse Signale mitgeteilt werden. Die nächste Bahnlinie, welche mit Läutewerken ausgestattet wurde, war die zwischen Magdeburg und Buckau. Ihre Läutewerke wurden von Kramer unter Verwertung des Leonhardtschen Gedankens selbständig ausgeführt.

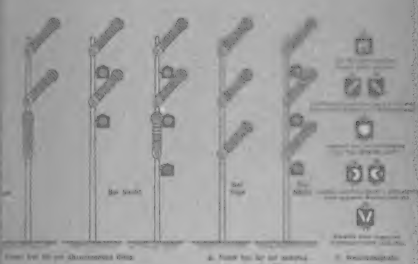
Der Blitzgefahr wegen (vergl. Fußnote S. 311) stellte man sie in besonderen, zuerst hölzernen, in der Folge eisernen Häuschen neben den Wärterbuden auf. Man betrieb die Läutewerke anfangs durch Batterien (mit Arbeitsstrom oder Ruhestrom). Es zeigte sich aber, daß bei diesem schwachen Strome die Auslösung des Glockenhammers viel zu empfindlich war und schon durch die Erschütterungen, die ein vorbeifahrender Zug verursacht, in Thätigkeit gesetzt werden konnte. Siemens & Halske in Berlin schlugen deshalb eine steifere Auslösung und stärkeren Strom vor, wie er durch ihren Magnetinduktor (vgl. Fußnote S. 309) erzeugt wird. Die Verbesserung war so augenscheinlich, daß sie schnell den Batteriestrom verdrängte. Seitdem werden die Läutewerke ausschließlich durch Induktions-

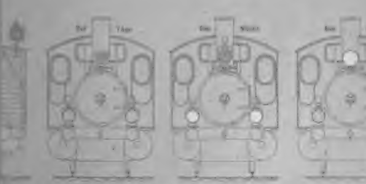
Digitized by Google

Signalbilder

für die Eisenbahnen des [illegible].

Die Farbe wird bei den [illegible] bei den Nachtsignalen [illegible].





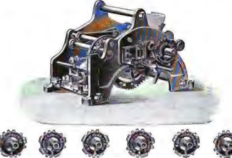
16. Kennzeichnung der Spitze des Zuges, wenn ein Sonderzug aus entgegengesetzter Richtung kommt.

17. Die [illegible]

strom betrieben. Da wo verschiedene Bahnlinien nebeneinander herlaufen, werden die benachbarten Läutewerke mit ein-, zwei- oder dreifachen Glocken ausgestattet, so daß ihre Glockenschläge (Ein- oder Mehrklang) deutlich zu unterscheiden sind (Abb. 290).

In Deutschland werden jetzt mit dieser Vorrichtung folgende vier Signale gegeben: 1. der Zug fährt von X nach Y: einmal n Glockenschläge; 2. der Zug fährt von Y nach X: zweimal n Glockenschläge; 3. die Bahn wird bis zum nächsten fahrplanmäßigen Zuge nicht mehr befahren: dreimal n Glockenschläge; 4. etwas Außergewöhnliches ist zu erwarten: sechsmal n Glockenschläge. n bedeutet eine bestimmte Zahl, gewöhnlich fünf bis sechs. 1. und 2. heißen Abmeldesignal, 3. und 4. Ruhe- bezw. Gefahr- oder Alarmsignal. Durch 3. wird auf Bahnen mit längeren Nachtpausen die Beendigung des Dienstes angezeigt, damit die Wärter ihre Posten verlassen können, desgleichen der Ausfall eines bereits signalisierten Zuges; 4. wird z. B. bei Zugtrennungen gegeben, wenn Wagen von einer Station fortgerollt sind oder ein Zug das falsche Gleis befahren soll. Die vier Signale können auch mit dem Horn gegeben werden.

Die Läutewerkseinrichtung findet noch in anderer Richtung eine höchst nützliche Verwendung. Da die schwachen, zum Telegraphieren benutzten Ströme die Auslösung nicht beeinflussen, so kann man nach dem etwa Mitte der 60er Jahre gemachten Vorschlage von Frischen, dem verdienstvollen Oberingenieur von Siemens & Halske in Berlin, die Drahtleitung der Läutewerke zum Telegraphieren benutzen, sobald ein Läutesignal nicht gegeben wird. Um aber die Fernschreiber durch die starken Induktionsströme nicht beschädigen zu lassen, liegen sie in der Regel ausgeschaltet. Sie sind bei Gebrauch durch Treten auf ein Pedal leicht und schnell einzuschalten. Die Leitung kann natürlich wegen ihres Kreisschlusses zwischen zwei Nachbarbahnhöfen nur zum Depeschenwechsel zwischen diesen beiden Orten benutzt werden. Das ist aber hier gerade von Vorteil, denn dadurch werden nicht nur die Hauptleitungen*) entlastet, sondern es sind auch die beiden Stationen jederzeit in der Lage, sich einander Meldungen zu machen, ohne auf andere etwa depeschierende Stationen warten zu müssen. Die Bahnverwaltungen endlich ersparen hierdurch namhafte Summen für eine besondere Leitung, die für größere Eisenbahngebiete sehr beträchtlich sind. Die Läutewerke können auch zum Signalisieren von der Strecke aus bei Unglücksfällen u. s. w. vorteilhaft benutzt werden. Zu dem Zwecke werden sie mit einer Anzahl verschieden gezahnter Scheiben ausgerüstet, die je nach Bedarf auf eine bestimmte Achse des Uhrwerks gesteckt werden. Abb. 291 zeigt 6 solcher Scheibenformen nebst ihren Anschriften, desgl. das Uhrwerk mit aufgesteckter Scheibe. Die Verzahnung des Scheibenumfanges stellt nach dem Morse-Alphabet die Nummer der betreffenden



291. Uhrwerk der Abb. 290 nebst Hilfssignalscheiben zum Signalisieren von der Strecke aus.

*) Auf gut eingerichteten Hauptbahnen sind folgende Telegraphenleitungen vorhanden: 1. Läutewerksleitungen. 2. Blockleitungen zum Betriebe der Blockwerke (S. 310). 3. Lokalleitungen, an die jede Station des Bezirkes durch Fernschreiber angeschlossen ist. 4. Fernleitungen für Hauptbahnhöfe; nur letztere sind angeschlossen. 5. Nebenleitungen für besondere Zwecke (Blocken der Stellwerke, Radtaster, Drehbrückensignale, Fernsprecher u. s. w.). Die Lokalleitungen dienen zugleich zur Weitergabe des Uhrensignales, nach welchem alle Stationsuhren einer Verwaltung einheitlich gestellt werden. Auf den preußischen Staatsbahnen wird dieses Signal jeden Morgen punkt 8 Uhr von Berlin (Schlesischer Bahnhof) mittels einer besonderen Vorrichtung sämtlichen Stationen zugesandt. Letztere werden zu dem Zwecke kurz vor 8 Uhr mit Berlin verbunden. Auch zahlreiche andere deutsche Bahnen empfangen dieses Berliner Signal.

Wärterbude sowie eins der Hilfssignale dar. Bei Abgabe eines Signals löst der Wärter das Läutewerk mehreremale von Hand aus, so daß die Signalscheibe ebenso oft sich dreht und durch Bethätigung eines Unterbrechungstasters die Wecker beider Nachbarstationen zum Tönen bringt. Hier werden sofort die Morseschreiber in die Läutewerksleitung eingeschaltet, die dann das betreffende Signal aufzeichnen. Die Stationen geben als Quittung das Alarmzeichen und treffen die weiteren Anordnungen. Durch die Leitung fließt ein elektrischer Strom, der so schwach ist, daß die Elektromagnete der Läutewerke unbeeinflußt bleiben, während die weit empfindlicheren Wecker der Nachbarstationen durch ihn in Thätigkeit gesetzt werden. Diese nützliche Verwertung der Läutewerke wurde ebenfalls in den 60er Jahren zuerst auf der Hannoverschen Staatsbahn durch Frischen eingerichtet. Wo keine derartigen Hilfssignalscheiben verwendet werden, sind in gewissen, dem Zugpersonal kenntlich gemachten Wärterbuden Morseschreiber aufgestellt. Früher führte man solche Schreiber im Zuge mit, was sich aber nicht bewährt hat. Über die Verwendung der Läutewerke zu anderweitigen Sicherungszwecken vergl. den Schluß dieses Abschnittes.

Handsignale. Vorbemerkt sei, daß die deutsche Signalordnung unterscheidet Signale „bei Tage“ und solche „bei Dunkelheit“. Die letzteren sind bereits beim Beginn der Dämmerung, auch beim Mondenscheine, sowie am Tage bei dichtem Nebel zur Anwendung zu bringen und zwar stets durch farbiges Laternenlicht. Das weiße Licht ist nur noch bei Weichen zugelassen, da es hier zugleich mit besonderen Formen der Laternen gegeben wird. Sonst werden durchweg erteilt: Fahrsignale mit grünem, Haltsignale mit rotem Licht. Früher bezeichnete weißes Licht „Bahn frei“. Das hat aber in der Nähe von Ortschaften wiederholt zu folgenschweren Verwechselungen mit anderen Lichtern geführt. Auch zeigte sich der große Nachteil, daß aus einem Haltsignal durch Zertrümmern der roten Scheibe das Fahrsignal entstand.

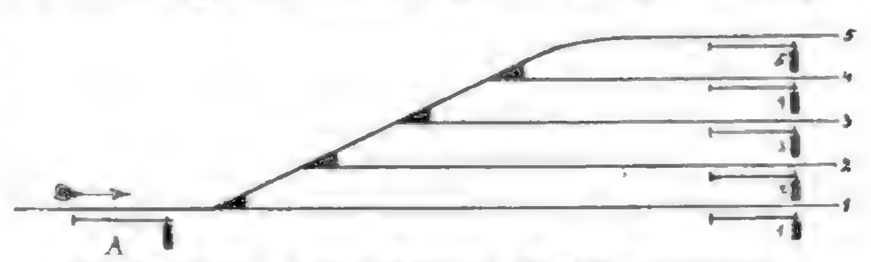
Die Handsignale drücken zwei Befehle aus: 1) der Zug soll langsam fahren; 2) der Zug soll halten. Das Langsamfahrsignal wird erteilt bei Tage: durch Ausstrecken eines Gegenstandes (gewöhnlich einer gerollten Flagge) gegen das Gleis; bei Nacht: durch dem Zuge entgegengehaltenes grünes Licht. Es wird z. B. gegeben, wenn ein Gleisabschnitt wegen Ausbesserungen oder schlechter Gleislage nicht mit der vollen Geschwindigkeit befahren werden darf oder wenn dem einem Haltsignal sich nähernden Lokomotivführer dieses schon durch den vorgelegenen Wärter angezeigt werden soll, worüber bei den einzelnen Verwaltungen bestimmte Dienstvorschriften bestehen. Zum Erteilen des Haltsignales schwingt der Wärter den Gegenstand im Kreise herum und zwar bei Tage: gewöhnlich die entrollte rote Flagge, seine Mütze oder dergl.; bei Nacht: die Handlaterne und zwar thunlichst rot geblendet. Das Haltsignal wird u. a. gegeben, wenn das Gleis unfahrbar ist (Schienenbruch, Unterwaschung u. s. w.), wenn der Wärter etwas am Zuge bemerkt, was diesen oder die Strecke gefährden könnte, oder wenn ein Zug oder ein Teil desselben auf der Strecke liegen geblieben ist. Droht Gefahr, so muß der Wärter dem nahenden Zuge möglichst weit entgegenlaufen. Müssen diese beiden Signale längere Zeit gegeben werden, so bedient sich der Wärter bei Tage der Stockscheiben, bei Dunkelheit der Stocklaternen. Als Langsamfahrsignal gilt bei Tage eine runde Scheibe mit dem Buchstaben A auf grünem Grunde, welche am Anfange der langsam zu durchfahrenden Strecke rechts neben dem Gleis aufgestellt wird, während das Ende derselben eine runde Scheibe mit einem E auf weißem Grunde kennzeichnet. Bei Dunkelheit dient in ersterem Falle grünes, in letzterem weißes Laternenlicht zur Zeichengabe (Signaltafel, Abb. 1). Ist ein Gleisabschnitt unfahrbar, so wird sein Anfang durch eine viereckige rote Scheibe mit weißem Rande, bei Dunkelheit durch rotes Licht (Tafel, Abb. 2) bezeichnet.

Mastensignale. Jeder Bahnhof ist nach beiden Fahrrichtungen durch je ein Mastensignal gesichert, das für gewöhnlich auf „Halt“ steht und so das Bahnhofsgebiet gleichsam wie ein Sperrthor gegen fremde Fahrzeuge abschließt. Es wird deshalb auch Abschluß- oder Einfahrtsignal genannt. Das Einlaufen in den Bahnhof wird einem jeden Zuge und jeder einzelnen Lokomotive jedesmal besonders gestattet, indem auf Anordnung des diensthuenden Stationsbeamten der Flügel auf „Fahrt“ gelegt wird, falls

keinerlei Hindernis der Einfahrt entgegensteht. Die Abschlußsignale öffnen und schließen die Bahnhöfe und sind daher die wichtigsten Mastensignale unserer Eisenbahnen.

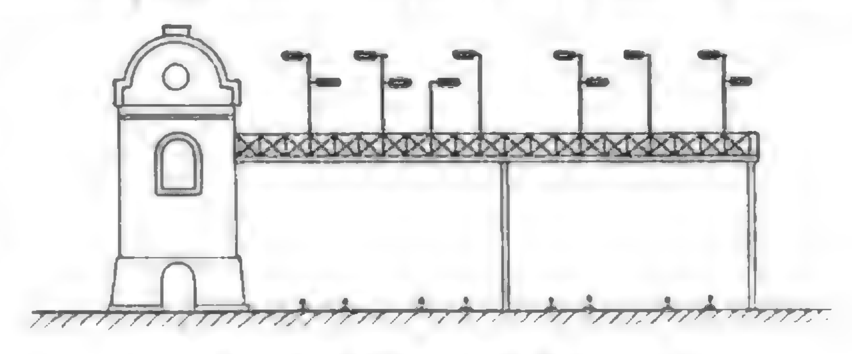
Abb. 3 u. 4 der Tafel zeigen den einflügeligen Mast für die verschiedenen Signalbilder. Damit in der Dunkelheit von den Beamten erkannt wird, ob ein Signal richtig steht bezw. die Laterne brennt, ordnet man auch in der Rückwand der Laterne ein Lichtbild an. In der Haltstellung zeigt die Laterne nach vorn, d. h. dem Zuge entgegen, rotes Licht, nach rückwärts volles weißes Licht, bei Fahrtstellung dagegen nach vorn grünes und nach hinten teilweise geblendetes weißes Licht (Sternlicht oder mattweißes Licht).

Da die Bahnhöfe in der Regel mehrere gleichlaufende Gleise besitzen, in welche die Züge einfahren können, so ist es notwendig, dem Lokomotivführer das betreffende Einfahrtsgleis von ferne erkennbar zu machen. In solchem Falle stattet man den Abschlußmast mit zwei, auch drei Flügeln und ebenso vielen Laternen aus, die, in verschiedener Zahl gezogen, das besondere Abzweiggleis andeuten. Hierbei ist zu beachten, daß das Haltsignal für alle Gleise nur durch den obersten, wagerecht liegenden Flügel und dessen Laterne gegeben wird. Die unteren Laternen sind dem Zuge entgegen abgeblendet, ihre Flügel stehen senkrecht, sind also durch den Signalmast verdeckt.



292. Wegesignale zu einem Gleisplan mit fünf Einlaufgleisen.

Abb. 5 bis 8 der Signaltafel geben die verschiedenen ein- bis dreiflügeligen Mastensignale wieder. Mehr als drei Flügel an einem Maste wendet man nicht an, da sonst das Signalbild für die Ferne undeutlich, auch die Bauart der Stellvorrichtung zu verwickelt wird. Wo daher mehr als drei Abzweigungen vorkommen, werden zweckmäßig besondere Wegesignale aufgestellt. Abb. 292 zeigt einen solchen Gleisplan mit fünf Einlaufgleisen. Jedes hiervon ist durch einen einflügeligen Sondermast (Nr. 1 bis 5) gesichert, während das ganze gezeichnete Bahnhofsgebiet durch einen jenseit der letzten Weiche stehenden einflügeligen Abschlußmast A gedeckt wird. Bei zulässiger Einfahrt des Zuges muß stets der letztere „Fahrt" zeigen, gleichgültig welches der fünf Wegesignale hierbei gezogen ist. Häufig stellt man die Flügelsignale der besseren Sichtbarkeit wegen auf einer die Gleise überkreuzenden Signalbrücke auf (Abb. 293). Eine sehr bemerkenswerte neuere Ausführung dieser Art stellt Abb. 294 dar. Damit Irrtümer des Signalwärters ausgeschlossen sind, werden die Wegesignale zu dem Abschlußmaste in Abhängigkeit gebracht, derart, daß das Fahrsignal an diesem nur nach zuvor erfolgter Fahrtstellung des betreffenden Wegesignales gegeben werden kann. Letzteres wiederum kann auf gut eingerichteten Bahnen erst dann gezogen werden, wenn alle Weichen richtig liegen. Vergl. hierüber weiter unten: „Weichen und Signalstellwerke".


293. Deutsche Signalbrücke für Wegesignale.
(Reichseisenbahnen in Elsaß-Lothringen.)

Alle diese Signalbilder (Abb. 3 bis 8 der Tafel) finden nicht nur auf Einfahrtsignale Anwendung, sondern auch auf Ausfahrtsignale, Blocksignale, zur Deckung von Abzweigungen auf freier Strecke, Drehbrücken und sonstigen Gefahrpunkten. Für entgegengesetzte Fahrtrichtungen können die beiderseitigen Signale an ein und demselben Maste angebracht werden. Ausfahrtsignale sind auf deutschen Bahnen erforderlich, sobald mehrere Bahnhofsgleise für die Ausfahrt von Zügen dienen. Neben jedem Gleis — in der Regel rechts —

ist dann nach Abb. 3 der Signaltafel ein besonderer Flügelmast errichtet. Blocksignale dienen zur Ermöglichung einer dichteren Zugfolge (siehe Abschnitt „Blockverfahren“).

Vorsignale. Bei der Wichtigkeit der Einfahrtsignale muß deren Flügellage und Laternenbild dem Lokomotivführer schon aus genügender Entfernung deutlich erkennbar sein, damit er bei versagter Einfahrt unter allen Umständen noch vor dem Abschlußmaste den Zug zum Halten bringen kann, wobei die Lokomotive bis an den Mast fahren darf, ohne ihn jedoch zu überschneiden. Nun trüben aber Nebel, Regen, Schneetreiben die Sichtbarkeit, Gleiskrümmungen lassen die Signale zuweilen erst aus geringer Entfernung deutlich sichtbar werden. Es sind deshalb jetzt für die Abschlußmasten Vorsignale vorgeschrieben, welche zu den Hauptsignalen in Abhängigkeit stehen. In der Regel werden beide Signale durch eine gemeinsame Drahtleitung gleichzeitig gestellt (Abb. 315).

Das Vorsignal besteht nach Abb. 9 der Signaltafel aus einer an einem etwa 3 m hohen Pfosten angebrachten grünen Blechscheibe, die in der Mitte oder seitlich einen Ausschnitt für eine mit dem Signal verbundene Laterne trägt. Die Scheibe läßt sich entweder um eine senkrechte oder wagerechte Achse drehen bezw. um 90 Grad umklappen. Bei „Halt“ am Einfahrtsmaste ist die grüne Scheibe dem Zuge voll zugekehrt, in der Dunkelheit leuchtet in ihr grünes Licht (weißes nach rückwärts). Bei gestatteter Einfahrt ist die Scheibe umgelegt, also nicht weiter sichtbar; in der Dunkelheit zeigt hierbei die Laterne dem Zuge entgegen weißes Licht, nach hinten Sternlicht (Abb. 10 der Tafel). Das Vorsignal gibt somit eine Befehlsform nur im Gefahrfalle, wenn der Zug halten soll. Je nach den Steigungs- und Krümmungsverhältnissen der Bahn, sowie nach der Schnelligkeit und Stärke der Züge steht das Vorsignal mehr oder weniger weit von dem Einfahrtsmaste entfernt.

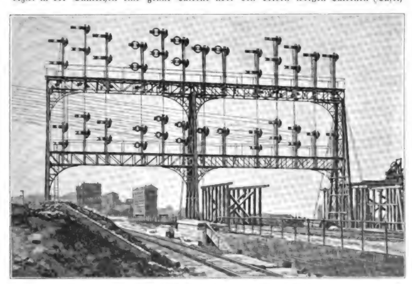
Weitere Standsignale kommen an Wasserkränen vor, um die Stellung des wagerechten Auslegers (Ausgußröhre in Abb. 332) an diesen in der Dunkelheit kenntlich zu machen. Steht der Ausleger quer zum Gleis, hindert er also die Durchfahrt, so zeigt die auf ihm befindliche Laterne rotes Licht, sonst weißes.

Weichensignale. Die Weichen — vergl. Abschnitt „Oberbau“ — können mit ihren verstellbaren Zungen zweierlei Lage annehmen: entweder sind sie auf das gerade, durchgehende Gleis gerichtet oder auf den gekrümmten, abzweigenden Strang. Bei den symmetrischen Weichen liegen die Zungen links oder rechts an. Ihre jeweilige Stellung muß dem Lokomotiv- und Stationspersonal aus genügender Entfernung erkennbar sein. Dazu sind besondere Signale erforderlich. Sie werden durch eine Laterne gegeben, die auf einer neben den Zungen befindlichen senkrechten Stange sitzt. Letztere ist mit der Weichenstellvorrichtung derart verbunden, daß sich die Laterne beim Umlegen der Weichen um 90 Grad dreht und so verschiedene Signalbilder zeigt, welche durch die Form der Laternenscheiben — quadratisch, rund oder Pfeilform (Tafel, Abb. 11) — hervorgerufen werden. Auf größeren Bahnhöfen ist es allerdings schwierig, bei der großen Schar von Weichenlaternen aus der Ferne den richtigen Stand aller für die Fahrt in Frage kommenden Weichen von der Lokomotive aus zu erkennen (vergl. weiter unten „Weichensicherung“).

Signale am Zuge. Um den Zug- und Bahnbewachungsbeamten den Anfang und Schluß eines Zuges kenntlich zu machen, sowie gewisse Signale vom Zuge aus zu geben, werden Laternen und Scheiben benutzt. Fährt der Zug auf richtigem Gleise, so trägt die Lokomotive bei Tage zur Kennzeichnung der Zugspitze kein weiteres Merkmal, während der Schluß durch zwei viereckige, rot und weiß gefärbte Scheiben oben am Wagen und durch eine am Zughaken oder am Buffer hängende rote runde Scheibe (Schlußscheibe) für das Streckenpersonal bezeichnet wird (Tafel, Abb. 12). In der Dunkelheit wird die Spitze durch zwei weiße Lokomotivlaternen angezeigt (Tafel, Abb. 13), der Zugschluß durch eine große rote Laterne am Zughaken oder rechten Buffer (Schlußlaterne), sowie durch zwei oben am Wagen aufgesteckte kleine Laternen (Oberwagenlaternen), welche nach hinten rot, nach vorn grün leuchten (Tafel, Abb. 12). Vermittelst der Oberwagenlaternen bezw. -Scheiben kann sich auch das Lokomotivpersonal jederzeit überzeugen, ob keine Zugtrennung erfolgt ist.

Muß ein Zug auf einer mehrgleisigen Bahn ausnahmsweise auf dem falschen Gleise fahren, so ist dieses den Streckenbeamten kenntlich zu machen: bei Tage durch eine rote Scheibe vorn an der Lokomotive, bei Dunkelheit durch zwei rotgeblendete Laternen der Lokomotive (Tafel, Abb. 14). Trägt die Lokomotive in solchem Falle kein derartiges Merkmal, so hat das Streckenpersonal dem Zuge das Haltsignal zu geben.

Durch farbige Scheiben und Laternen wird dem Streckenpersonale auch das Eintreffen eines ihm nicht schriftlich angezeigten Sonderzuges zur Kenntnis gebracht, desgleichen Störungen in der Telegraphenleitung. Folgt der Sonderzug dem fahrplanmäßigen Zuge, so trägt letzterer oben am letzten Wagen eine grüne Scheibe oder eine auch nach hinten grün leuchtende Oberwagenlaterne (Tafel, Abb. 15). Kommt dagegen der Sonderzug dem signalisierten Zuge entgegen, so trägt die Lokomotive vorn die grüne Scheibe bezw. in der Dunkelheit eine grüne Laterne über den beiden weißen Laternen (Tafel,



294. Englische Signalbrücke mit 44 Flügelsignalen.

Abb. 16). Ist eine Telegraphenleitung in Unordnung, so tragen alle die betreffende Strecke befahrenden Lokomotiven während der Dauer dieser Störung am Tage vorn eine weiße Scheibe (Tafel, Abb. 17), das Nachtsignal fällt hierfür aus.

Jedes Ingangsetzen eines Zuges oder einer Lokomotive muß durch einen Pfiff mit der Dampfpfeife angezeigt werden. Dieses sogenannte Achtungssignal ist auch stets zu geben, wenn die Aufmerksamkeit der Zug- oder Bahnbewachungsbeamten erregt werden soll, wenn Menschen im Gleise bemerkt werden, wenn ein Wärter die Wegschranken zu schließen vergessen hat u. s. w. Bei Zügen ohne durchgehende Bremse muß das Zugpersonal durch die Dampfpfeife zur Bedienung der Handbremsen aufgefordert werden. Drei kurze Pfiffe in schneller Folge bedeuten „Bremse anziehen". Zwei mäßig lange Töne der Dampfpfeife schreiben das Lösen der Bremsen vor. Bei Zügen mit durchgehender Bremse kann von jedem Wagenabteil aus in Gefahrfällen durch Ziehen am Notsignal ein Halten des Zuges veranlaßt werden (vergl. Abschnitt „Bremsen"). Wo die durchgehende Bremse fehlt, stellt die Not-, Signal- oder Zugleine eine, wenn auch minderwertigere Verbindung zwischen Zugpersonal und Reisenden und dem Lokomotivführer her.

Digitized by Google

Außerdem bestehen noch Signale mit der Mundpfeife, dem Signalhorn, sowie besondere Signale für den Verschiebedienst (Rangiersignale).

Die Zuglokomotiven auf Nebenbahnen müssen mit einem Läutewerk versehen sein, das bei Annäherung des Zuges an unbewachte Wegübergänge in Thätigkeit zu setzen ist. Das Latowskische Dampfläutewerk ist bei uns hierfür weit verbreitet. Es wird gewöhnlich auf dem Kessel, seltener auf dem Führerhause angebracht. Ein einfacher Griff am Hahn der Dampfzuleitung bringt es zum Läuten.

In Amerika dienen gleichem Zwecke, auch auf Hauptbahnen, große von Hand zu bewegende Glocken (vergl. auch S. 320).

Als Ersatz für die sichtbaren Signale, falls diese durch Schäden plötzlich unbrauchbar oder durch Nebel, Schneetreiben u. s. w. unsichtbar werden, wurden 1845 auf der Birmingham-Bahn Knallsignale eingeführt, die dann bei allen Bahnen schnellen Eingang fanden. Sie bestehen aus einer flachen Blechkapsel mit Pulverfüllung und Zündvorrichtung und werden auf den Schienenkopf gelegt und mittels zweier Blechstreifen in ihrer Lage festgehalten. Damit das Lokomotivrad sie nicht von ihrem Platze verschiebt, werden sie an dem Schienenstoße aufgelegt, so daß der Haltestreifen sich gegen die der Fahrtrichtung zugewandten Laschenenden legt. Durch den Raddruck zur Explosion gebracht, erzeugen sie einen dem Büchsenschusse ähnlichen Knall, der dem Lokomotivführer sofortiges Halten vorschreibt.

In dem nebelreichen England haben diese Knallsignale, dort Nebelsignale genannt, wiederholt glänzende Proben ihrer Wirksamkeit abgelegt. Der englische Nebel ist bekanntlich oftmals sehr dick, so daß jegliches Erkennen irgend welcher sichtbaren Signale ganz ausgeschlossen ist. Der Zugverkehr kann dann nur durch Knallsignale geregelt und aufrecht erhalten werden. Zu dem Zwecke wird am Fuße eines jeden Distanzsignales ein Nebelwärter aufgestellt, dessen Aufgabe es ist, bei „Halt" einige Knallkapseln auf die Schienen zu legen und sie fortzunehmen, sobald das Signal auf „Fahrt" gestellt wird. Schon zur Zeit der ersten Weltausstellung 1851 im Krystallpalast zu Sydenham, als der Londoner Bahnverkehr ein besonders lebhafter war und beispielsweise täglich etwa 200 Züge auf der London und North Western-Bahn von und nach London liefen, mußte der äußere Signaldienst während einiger Nebeltage lediglich vermittelst der Knallsignale durchgeführt werden. Wohl gab es damals Zugverspätungen, aber keine Unfälle. Ein anderes durch anhaltenden Nebel ungewöhnlich heimgesuchtes Jahr war 1888. Während fünf Tage des Monats Januar war ganz England fast ständig in undurchdringlichen Nebel gehüllt. Der gesamte Signaldienst mit sichtbaren Zeichen versagte. Knallkapseln waren wiederum das einzige Verständigungsmittel zwischen Lokomotivpersonal und Signalwärtern. Nach Findlay, seiner Zeit Generalleiter der London und North Western-Bahn, waren in jener Nebelwoche nur auf dieser einen, derzeit etwa 3000 km langen englischen Bahn für 2462 Signalmaste besondere Nebelwärter vorzusehen. Einschließlich der Ablösungen fanden 3752 Mann hierbei Verwendung, gewiß eine staunenswerte Ausdehnung dieses Notmittels, das sich aber vortrefflich bewährte. Nicht nur wurde der gesamte Zugverkehr in jenen fünf Tagen aufrecht erhalten, sondern es haben sogar nach Findlays Angabe die Schnellzüge höchstens Verspätung erlitten, einige sind sogar pünktlich gefahren worden. Mit Ausnahme zweier Unfälle bei Güterzügen hat sich der ganze übrige Zugverkehr ohne Unglücksfälle abgewickelt, ein glänzendes Zeugnis für die Tüchtigkeit der Bahnbeamten und auch für die Brauchbarkeit der Knallsignale.

Die Nebelwärter werden aus den Streckenarbeitern genommen, da diese während des Nebels doch nicht thätig sein können. Die Verwaltung sorgt für das leibliche Wohl dieser Leute durch warme Kleidung und Erfrischungen (Brot und Fleisch nebst Kaffee), so daß sie ihren anstrengenden Dienst ohne zu starke Ermüdung versehen können. Auch können sie sich kleine Feuer anzünden. Von besonderer Wichtigkeit ist ihr schnelles Heranziehen bei plötzlich oder zur Nachtzeit sich einstellendem Nebel, zumal wenn die Signalstation gänzlich einsam, weit ab von bewohnten Ortschaften liegt. Die genannte Bahnverwaltung hat in der Nähe solcher abseits gelegenen Punkte Dienstwohnungen für ihr Streckenpersonal erbaut, die sie zu mäßigem Mietspreise abläßt. Die Signalstation ist elektrisch mit der Schlafstube eines der älteren Arbeiter verbunden, der nach Empfang des Alarmzeichens sofort die übrige Mannschaft benachrichtigen muß. Dank dieser Fürsorge sind selbst in der Nacht in kurzer Zeit die „lebenden Signalmaste" aufgestellt. Auf anderen Bahnen führt der Stationsvorsteher Listen über die Nebelwärter, nach denen diese zum Dienste herangezogen werden.

Versuche, die Knallkapseln auf mechanischem Wege durch die Distanzsignale legen und fortnehmen zu lassen, sind mehrfach in verschiedener Weise unternommen worden, jedoch stets fehlgeschlagen.

295. Hallensignale des Bahnhofs York.

Digitized by Google

Weichen- und Signalsicherung.

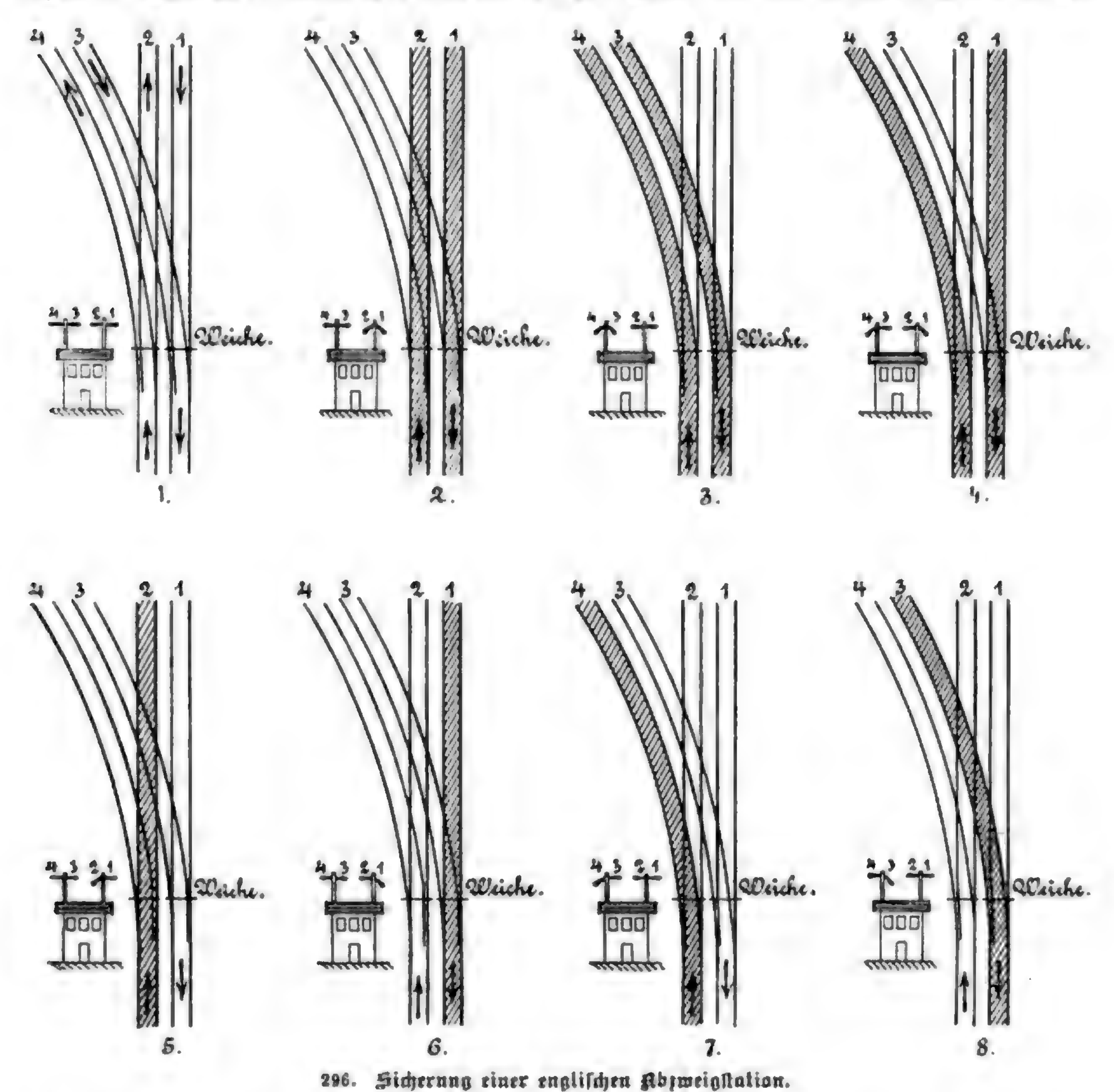
Stellwerke. Der Lauf der Züge ist nur dann ein gesicherter, d. h. gesichert gegen einen Zusammenstoß mit anderen Zügen oder einzelnen Fahrzeugen, wenn Signale und Weichen sämtlich richtig gestellt sind. Letzteres erfordert die Aufmerksamkeit und Thätigkeit verschiedener Menschen. Ein Fehler oder Mißverständnis ist da leicht möglich, zumal bei der großen Zahl von Weichen, die häufig an eine Fahrstraße anschließen. Auch böser Wille kann falsche Weichen- und Signalstellungen veranlassen. Thatsächlich sind eine große Zahl von Zugunfällen auf diese Umstände zurückzuführen. Dem Lokomotivführer wird es bei rascher fahrenden Zügen zudem selten möglich sein, seinen Zug vor einer falsch stehenden Weiche — falls er überhaupt diese erkannt hat — zum Halten zu bringen. Gleiskrümmungen sind da besonders ungünstig. Als Beispiel eines völlig in der Krümmung liegenden Bahnhofs diene Abb. 295. Etwa in der Mitte des Hauptbahnsteigs, vor dem sich eine größere Weichenanlage befindet, sind besondere Flügelsignale (links in der Abb. sichtbar) aufgestellt.

Je weniger Köpfe mit der Sicherung der Fahrstraße zu thun haben, desto größer wird im allgemeinen die Betriebssicherheit sein. Es war deshalb als ein großer Fortschritt zu begrüßen, als 1843 die Stellhebel der Signale einer englischen Abzweigstation derartig in gegenseitige Abhängigkeit gebracht wurden, daß niemals beiden Bahnlinien gleichzeitig das Fahrsignal gegeben werden konnte. Stand das Signal einer Linie auf „Fahrt", so blieb das der anderen auf „Halt" verschlossen. Später erweiterte man diese Idee dahin, daß auch die Weichenhebel von den Signalhebeln abhängig wurden, was eine gemeinsame Lage aller dieser Hebel bedingte. Damit war die Weichenzentralisierung gefunden, die in genial erdachter und sicher wirkender Art Saxby im Jahre 1856 auf der Bricklayers' Arms-Station bei London zum erstenmal praktisch zur Ausführung brachte. Die Neuerung, 1860 durch Chambers u. a. verbessert, zeigte so große Vorzüge, daß sie in England schnellen Eingang fand. Seit vielen Jahren ist sie für alle neuen Bahnen behördlicherseits vorgeschrieben und steht dort in allgemeinster Anwendung.

Auf dem Festland und besonders in Amerika brach sich diese segensreiche Erfindung nur langsam Bahn. In Deutschland wurde 1868 das erste Stellwerk in Benutzung genommen. Die Braunschweigische Bahn-Verwaltung hatte es versuchsweise nach englischem Vorbilde in Deutschland bauen lassen. Der Versuch mißlang jedoch, und 1870 wurden zwei Stellwerke von Saxby und Farmer in London beschafft, die auf den Bahnhöfen Börssum und Jerxheim zur Anwendung kamen. Anfang der 70er Jahre gelang es dann Büssing, Oberingenieur der Fabrik von Jüdel & Co. in Braunschweig, und unabhängig davon Rüppell in Köln, eine von der englischen abweichende Bauart zu ersinnen. Beide Männer vereinigten ihre Vorschläge und schufen damit im Jahre 1875 ein vortreffliches Stellwerk, das lange Jahre vielfach ausgeführt wurde, bis später Besseres an seine Stelle trat. Die Jüdelsche Fabrik, welche erst Ende 1879 ihr 100. Stellwerk hergestellt hatte, vollendete bereits 1892 das 1000. Daneben entwickelten sich noch andere Bauarten. Sie alle haben in den letzten Jahrzehnten unter dem Zwang des mächtig anschwellenden Verkehrs immer mehr Verbreitung gefunden. Gerade Deutschland hat Vortreffliches auf diesem Gebiete geleistet. Es seien hier nur noch die Namen Siemens & Halske, Schnabel & Henning, Zimmermann & Buchloh genannt.

Die erforderliche gegenseitige Abhängigkeit der Signal- und Weichenhebel voneinander und die zwingende Notwendigkeit, einander gefährliche Signale auszuschließen, läßt sich am besten an einem Beispiele zeigen. Wir entnehmen ein solches den englischen Bahnen, da deren Abzweigungen aus Hauptgleisen reichlicher durch Flügelsignale gedeckt werden, als es in Deutschland und anderen Ländern üblich ist. Gegeben sei eine zweigleisige Bahn, aus der eine zweigleisige Linie abzweigt. Nach englischer Vorschrift muß jedes Hauptgleis nahe der Abzweigweiche durch ein Signal (home signal) gesichert werden. Diese Signale werden häufig auf dem Dache des Weichenturms angebracht. In England wird links gefahren, weshalb auch die Mastenflügel vom Zuge aus betrachtet, nach links

weisen. Um den Fall möglichst einfach zu gestalten, werde von allen sonstigen Signalen (Distanz- und Ausfahrtsignale) sowie Weichen abgesehen, jener also auf die vier Signale und zwei Weichen beschränkt. Die vier Signalflügel gehören den vier Gleisen in der durch die Zahlen der Abb. 296 angedeuteten Art an. Betrachten wir zunächst die Sachlage ganz allgemein und lassen wir jegliche Abhängigkeit zwischen den Signal- und Stellwerkshebeln außer Acht. Es können alsdann die vier Flügel 16 verschiedene Gruppen bilden, wie durch Abb. 297 erläutert ist. Da ferner bei jeder der beiden Weichen zwei verschiedene Lagen zu berücksichtigen sind, für ihre zwei Hebel also vier Endstellungen in Frage

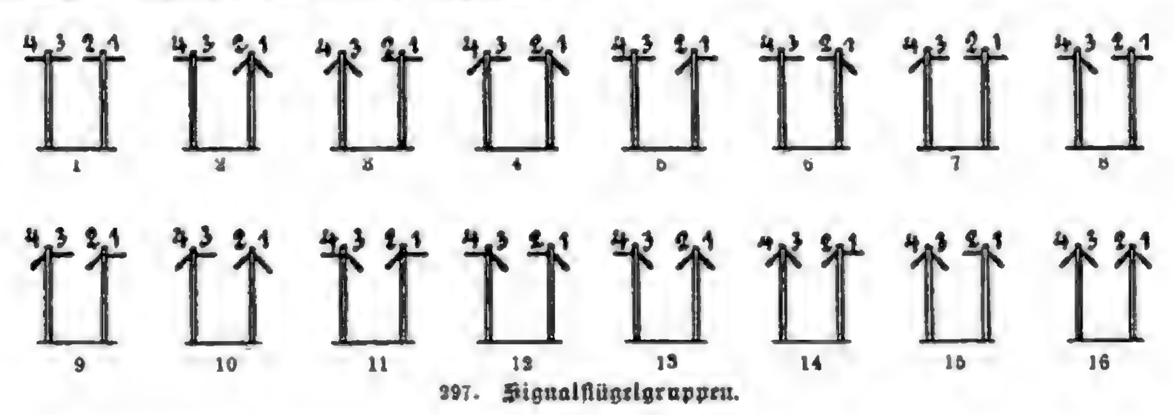


296. Sicherung einer englischen Abzweigstation.

kommen, so sind für diese sechs Hebel im Weichenturm insgesamt 4 × 16 = 64 verschiedene Kombinationen möglich. Der Signalwärter könnte alle diese vielen Fälle durch seine sechs Hebel darstellen. Bei Betrachtung der Flügelgruppen und des Gleiseplans überzeugt man sich aber bald, daß 53 dieser Kombinationen betriebsgefährlich und nur 13 betriebssicher sind. Es darf daher der Wärter auch nur diese letzteren 13 Hebelgruppierungen bilden, alle anderen muß er vermeiden. Welch eine Fülle von Irrtümern und Übereilungen ist da möglich, vollends nun gar auf größeren Bahnhöfen und zumal in Stunden lebhafteren Bahnverkehrs.

Um nun gegen derartige Irrtümer eines Weichen- oder Signalwärters gesichert zu sein, macht man alle die gefährlichen Hebelgruppierungen durch eine mechanische Vorrichtung unmöglich, so daß nur betriebssichere übrig bleiben. Das erfordert zunächst

die Aufstellung aller Hebel an einem Orte (Weichenzentralisierung) und sodann ihre gegenseitige Abhängigkeit voneinander derart, daß bei falscher Weichenlage kein Fahrsignal gezogen und bei gezogenem Fahrsignal keine Weiche umgelegt werden kann. Diese Vorrichtung heißt **Stellwerk**. Seine Bedienung erfordert in den meisten Fällen nur einen Mann, bei größeren Anlagen auch zwei, vereinzelt drei bis vier Leute. Man ist also nicht mehr abhängig von einer Schar von Weichenstellern, und das Stellwerk arbeitet wie eine Maschine: **schnell und zuverlässig**. In dem obigen Beispiel einer englischen Gleisabzweigung darf also das Stellwerk nur die 13 allein zulässigen Hebelgruppierungen ermöglichen. Die hierfür in Frage kommenden Signalhebel-Kombinationen sind durch die ersten 8 Figuren der Abb. 297 bezw. durch Abb. 296 dargestellt. Hiervon gestattet die 1. Figur (Haltsignal) alle vier Weichenhebelstellungen, die 2. bis 4. die drei durch Abb. 296 Nr. 2 bis 4 näher erläuterten Fälle, in denen gleichzeitig zwei Gleise jener Kreuzung von Zügen befahren werden können, während die 5. bis 8. sechs Hebelstellungen möglich machen, also insgesamt 13.



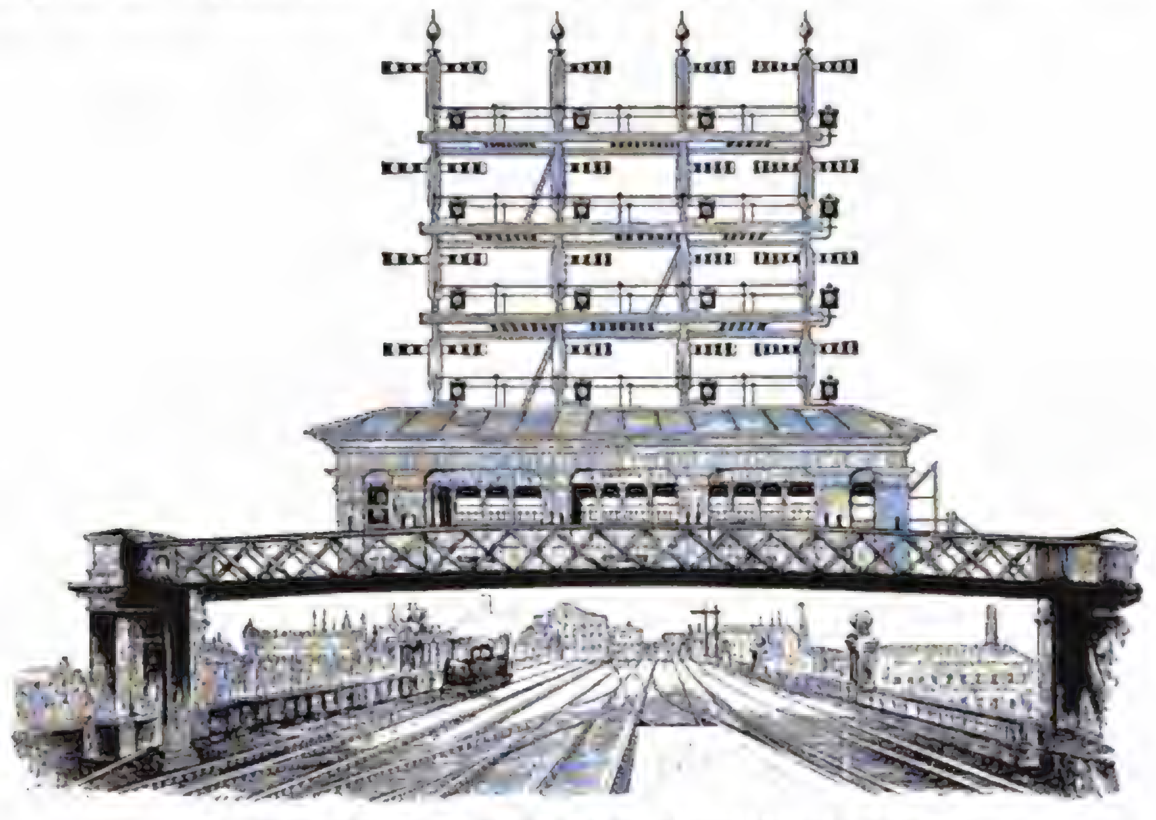
297. Signalflügelgruppen.

Zur weiteren Beleuchtung diene das Beispiel eines großen Bahnhofs. In der Abb. 298 ist das auf hoher Gleisbrücke angeordnete Stellwerkhaus des Londoner Kopfbahnhofes „Cannon Street-Station“ mit seinem ungewöhnlich großen Signalgruppenbilde wiedergegeben. In der Bahnhofshalle liegen 9 Bahnsteiggleise. Das Stellwerk enthält hier rund 70 Signal- und Weichenhebel, die, willkürlich bewegt, Millionen verschiedener Hebelkombinationen zulassen würden. Aus dieser Riesenschar heben sich rund 800 als betriebssicher gegen Zusammenstöße ab. Das Stellwerk benutzt diese letzteren Gruppierungen und verhindert gleichzeitig durch seine Einrichtung alle die anderen gefährlichen Fälle. Der Verkehr dieser Station ist ein gewaltiger. Schon vor Jahren liefen in drei Vormittagsstunden über 130 Züge ein und aus und fast ebensoviele gegen Abend. Die gesamte Zugzahl beläuft sich an Werktagen auf etwa 700, an manchen Tagen sogar auf rund 800. Ein Aufenthalt auf der in Abb. 298 dargestellten Gleisbrücke gibt ein packendes nachhaltiges Bild von den riesenhaften Verhältnissen des Londoner Eisenbahnbetriebes. Der Beschauer blickt hier staunend auf ein scheinbar wirres Gedränge von Zügen, die alle dank dem sichereren Arbeiten des Stellwerks und der angeschlossenen Weichen- und Signaleinrichtungen bei Tage und bei Nacht, im Nebel oder Sonnenschein ungefährdet ihren Weg über die wenigen Gleise der an die Halle anstoßenden Themsebrücke nehmen. Ohne das Stellwerk wäre dieser Verkehr undenkbar.

Die Wirkungsweise eines Stellwerkes kann man sich etwa wie diejenige einer Orgel denken. Bei dieser müssen verschiedene Teile wie Tasten, Register, Pedale u. s. w. in ganz bestimmter Weise mittels ihrer Verbindungsstangen, Wellen u. s. w. zusammenwirken, um gewisse Töne hervorzurufen. Nur wenn diese jeweilige Zusammenwirkung gewahrt ist, kann durch das Niederdrücken einer bestimmten Taste, z. B. F, in allen zugehörigen F-Pfeifen der Ton F erzeugt werden. Der geübte Orgelspieler wird nur harmonische Tongruppen erklingen lassen; ein des Orgelspiels Unkundiger wird lauter Disharmonien hervorrufen. Bei einem Stellwerk würden die Stellhebel der Signale und Weichen die Klaviatur bilden, die Querstücke, Verschlüsse u. s. w. die Register und Pedale. Ein gewünschtes Signal kann wie ein gewisser Ton der Orgel auch nur dann gezogen werden,

wenn alle Vorbedingungen im Stellwerk erfüllt sind, also alle Querstücke der Weichenhebel richtig liegen, die Verriegelungen entsprechend eingeschaltet sind u. s. w. In einem wichtigen Punkte ist aber das Stellwerk grundverschieden: Alle nicht harmonierenden Hebelgruppierungen sind ausgeschlossen. Ein mit dem Bahnbetrieb nicht Vertrauter kann zwar die Hebel umstellen, er wird aber niemals solche Gruppierungen zustandebringen, die in dem Stellwerksbezirk den Zusammenstoß zweier ein- oder ausfahrenden Züge im Gefolge haben. Wohl wird er arge Zugverspätungen und sonstige Betriebsstörungen veranlassen, aber keine eigentliche Gefahr für die Züge, da er deren Fahrsignal eben nur dann zu ziehen vermag, wenn alle betreffenden Weichenhebel richtig liegen.

Auf die Einzelheiten der etwas verwickelten Bauart dieser in verschiedener Weise angeordneten Stellwerke kann hier nicht eingegangen werden, da sie nur an der Hand von nicht gerade einfachen technischen Zeichnungen klar zu legen sind und sie außerdem auch wohl nur den Fachmann interessieren dürften. Dagegen sei die allgemeine Anordnung und Wirkungsweise eines Stellwerks hier kurz geschildert.

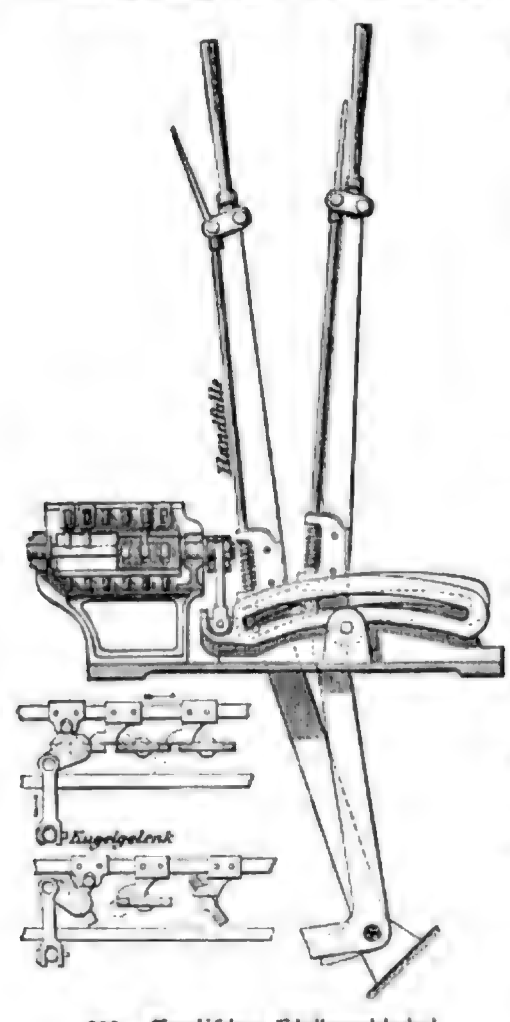


298. Stellwerkhaus des Kopfbahnhofes Cannon Street in London.

Sämtliche Standsignale und Weichen eines Bezirks werden von einem gemeinsamen Raume aus gestellt, der, um dem Wärter eine gute Übersicht über die Gleisanlage zu ermöglichen, reich verglast und über den Schienen erhöht angeordnet ist, weshalb er auch Weichen- oder Signalturm genannt wird. Die Weichen und Signale sind entweder durch ein eisernes Gestänge (Gasrohr oder ⊔-Eisen), oder auch durch einen doppelten Drahtzug mit je einem Handhebel im Weichenturm verbunden. In Amerika und England zieht man Gestänge vor, in Deutschland neuerdings Doppeldrahtzüge. Das Verstellen dieser Hebel erfordert ziemliche Kraftanstrengung (15—40 kg). Bei den Weichen sind nicht nur die mehrere Zentner schweren Weichenzungen auf ihren (gefetteten) Unterlagen zu verschieben, sondern auch das oft bis 200 m lange und mehrfach in Winkel abgelenkte (durch Rollen oder Kugeln abgestützte) Gestänge von der Weiche bis zum Stellwerke oder statt dessen die lange straff gespannte doppelte Drahtleitung. Bei den Signalen ist ein Flügel, oft mit einer Vorsignalscheibe, Riegelrolle und eine manchmal bis 1200 m lange Drahtleitung zu bewegen.

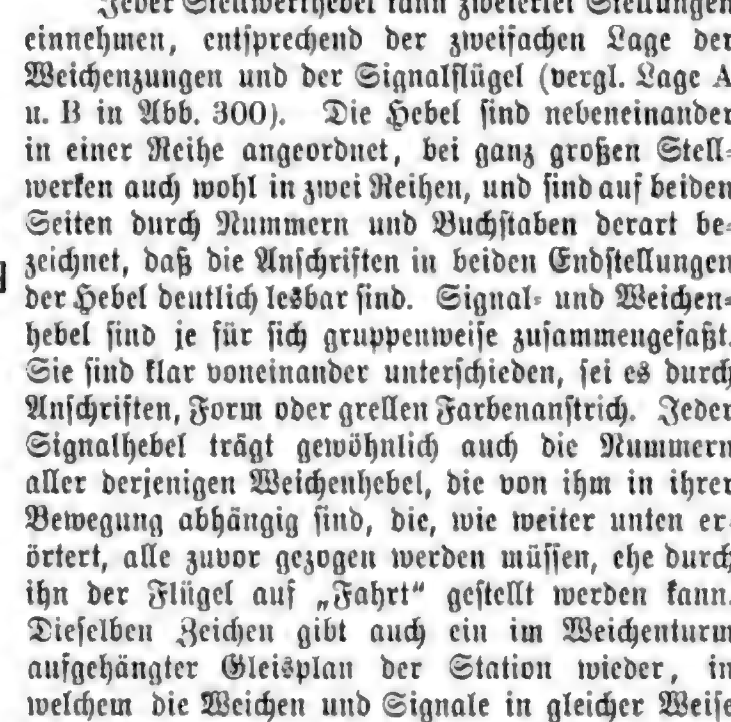
In England nimmt man die Stellhebel nach Art der Abb. 299 etwa $2\frac{1}{2}$ m lang, in Deutschland zieht man jetzt die in Abb. 300 u. 301 gezeichnete Hebelform vor. Sie

zeigt die Einrichtung für Doppeldrahtzug. Da bei jeder Hebelbewegung (von oben nach unten und umgekehrt) ein Zug auf die Weichenzungen oder den Signalflügel ausgeübt werden muß — die Stellung mit einer Drahtleitung ist ihrer geringen Zuverlässigkeit wegen seit Jahren verlassen — so sind zwei Leitungen aus 5 mm dickem, verzinktem Stahldraht vorhanden. Sie sind der größeren Biegsamkeit wegen an den Rollen durch Drahtseile ersetzt, deren freies Ende am Umfang der Stellrollen befestigt ist. Der Hebel nach Abb. 300 ist mit letzteren durch eine Federkuppelung verbunden. Diese überträgt beim Umlegen des Hebels die Stellkraft auf die Drahtleitungen und damit auf die Weichen- oder Signal-Stellvorrichtung. Wird die Weiche „aufgeschnitten“ (S. 305), so löst sich die Kuppelung und die Seilrollen verdrehen sich gegen den feststehenden Hebel. Dem Stellwerkswärter wird dieser Vorgang durch Verdrehen einer farbigen Scheibe oder dergleichen sichtbar gemacht.

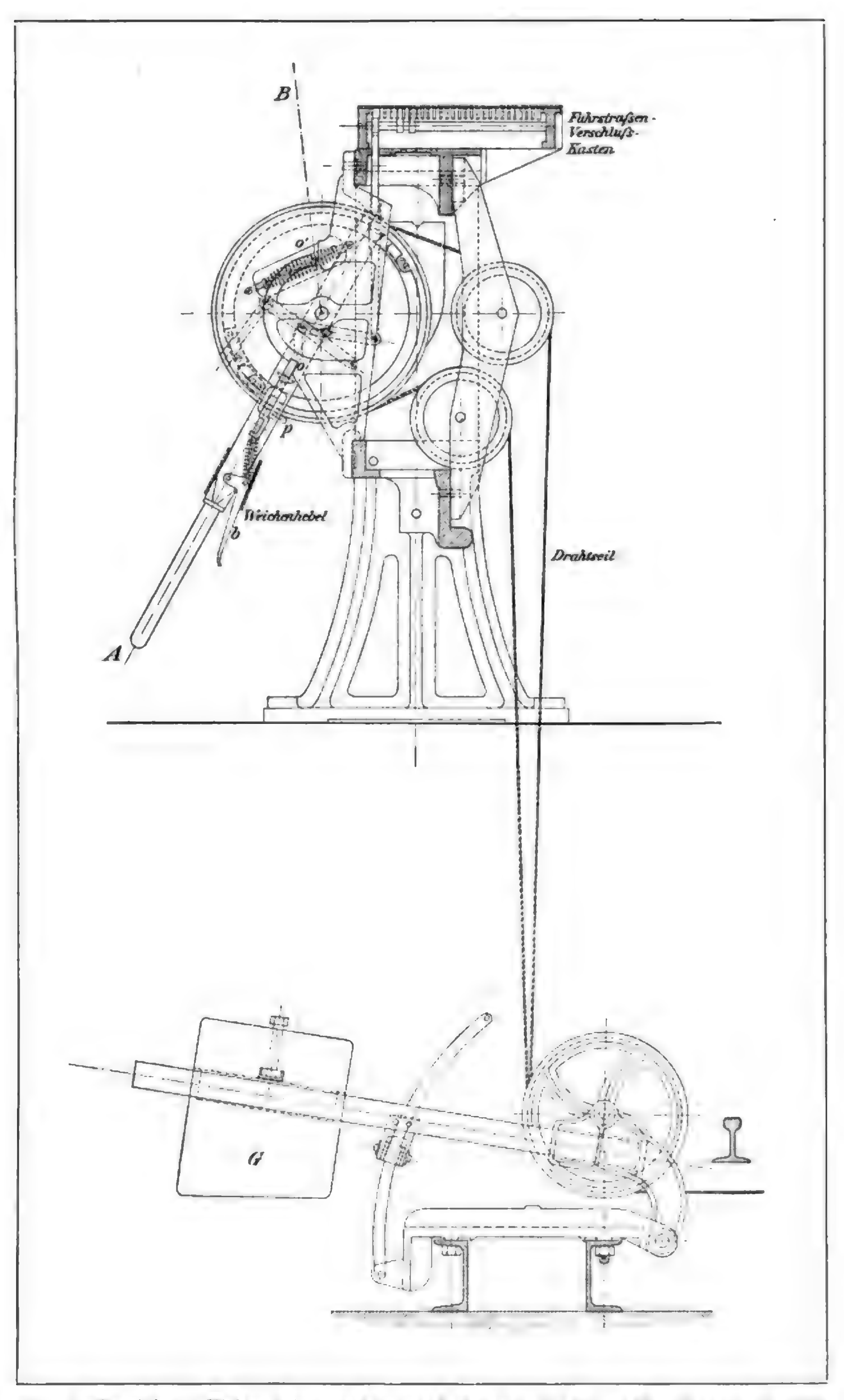


299. Englischer Stellwerkhebel mit Verschlußvorrichtung.

Eine Zerstörung des Hebels kann durch das Aufschneiden nicht erfolgen, es zerreißt nur ein Bleisiegel (p in Abb. 300), an welchem der Aufsicht führende Beamte etwaige Aufschneidungen nachträglich noch erkennt, falls der Stellwärter solche nicht gemeldet hat. Der Hebel der aufgeschnittenen Weiche läßt sich mittels eines Stellschlüssels leicht wieder in Ordnung bringen.


Jeder Stellwerkhebel kann zweierlei Stellungen einnehmen, entsprechend der zweifachen Lage der Weichenzungen und der Signalflügel (vergl. Lage A u. B in Abb. 300). Die Hebel sind nebeneinander in einer Reihe angeordnet, bei ganz großen Stellwerken auch wohl in zwei Reihen, und sind auf beiden Seiten durch Nummern und Buchstaben derart bezeichnet, daß die Anschriften in beiden Endstellungen der Hebel deutlich lesbar sind. Signal- und Weichenhebel sind je für sich gruppenweise zusammengefaßt. Sie sind klar voneinander unterschieden, sei es durch Anschriften, Form oder grellen Farbenanstrich. Jeder Signalhebel trägt gewöhnlich auch die Nummern aller derjenigen Weichenhebel, die von ihm in ihrer Bewegung abhängig sind, die, wie weiter unten erörtert, alle zuvor gezogen werden müssen, ehe durch ihn der Flügel auf „Fahrt“ gestellt werden kann. Dieselben Zeichen gibt auch ein im Weichenturm aufgehängter Gleisplan der Station wieder, in welchem die Weichen und Signale in gleicher Weise fortlaufend numeriert sind. Nach der für jede Station bestehenden Fahrordnung sind den ankommenden und abgehenden Zügen die zu benutzenden Gleise genau vorgeschrieben; es sind dieses die sogenannten Hauptgleise. Für das Zusammensetzen und Aufstellen der Züge, für die Rangierbewegungen, die Überführungen der Wagen nach und von dem Güterschuppen u. s. w. dienen besondere Nebengleise, deren Benutzung ebenfalls in der Fahrordnung festgesetzt ist. Haupt- und Nebengleise stehen durch Weichen miteinander in Verbindung (vergl. Abb. 307). Um nun einen Zug sicher durch seine ihm vorgeschriebene Gleisstraße zu leiten, kommt es nicht nur darauf an, daß für ihn die Ein- und Durchfahrtsweichen richtig stehen, sondern daß auch alle „feindlichen“ Weichen, d. h. solche, die aus einem Nachbargleise Fahrzeuge nach der genannten Fahrstraße durchlassen können, von dieser letzteren abweisend gestellt sind. Auch etwaige Sicherheitsweichen (Abb. 149) müssen abweisende Stellung zeigen. Keinerlei Fahrzeuge können alsdann dem Zuggleis Gefahr bringen.

Wie oben erwähnt, werden Ein- und Ausfahrtsgleise durch Mastensignale gesichert. Damit nun Irrtümer ausgeschlossen werden, muß das Stellwerk folgende fünf Be-



300. Aufschneidbarer Weichenhebel von Siemens & Halske mit Büssings Drahtspanner (S. 308).

dingungen erfüllen: 1) Mehrere Signale, die sich gegenseitig gefährden können, dürfen niemals gleichzeitig sich auf „Fahrt“ stellen lassen. 2) Alle Weichen- und Signalhebel müssen derartig voneinander abhängig sein, daß das Fahrsignal für ein Hauptgleis nur dann gezogen werden kann, wenn zuvor alle vom Zuge berührten Weichen in die richtige, alle feindlichen und Sicherheitsweichen in die abweisende Stellung gelegt sind. 3) Solange das Fahrsignal gezogen ist, dürfen diese Weichen sich nicht umstellen lassen; ihre Hebel müssen zu dem Zweck durch den gezogenen Signalhebel verriegelt sein. 4) Steht das Signal dagegen auf „Halt“, so müssen die Weichenhebel und damit ihre Weichen verstellbar sein. 5) Nicht vollständig umgelegte Weichenhebel müssen das Ziehen des Signalhebels verhindern; denn in solchem Falle liegen die Weichenzungen nicht dicht an den Fahrschienen an und ist Entgleisung zu befürchten.

Damit nun diese Bedingungen auch stets erfüllt werden, sind die Hebel mit eigenartigen Quer- und Verschlußstücken verbunden, welche bei einer Bauart z. B. mit verschiedenartig angebrachten Lücken, Einschnitten und Ansätzen versehen sind. Bei bestimmten, den vorerwähnten Fahrstraßen entsprechenden Hebelgruppierungen decken sich die Einschnitte u. s. w. aller Hebel einer Gruppe, und es läßt sich dann eine von dem Signalhebel abhängige Schub- oder Riegelstange hindurchschieben, so daß die ganze Gruppe verriegelt und gleichzeitig der Signalhebel umlegbar wird. Solange einer der Weichenhebel in der Gruppe nicht die richtige Lage hat, ist die Schubstange des Signalhebels nicht verschiebbar, also das Fahrsignal nicht zu stellen. Der Wärter wird dadurch auf die falsche Hebel- und Weichenlage aufmerksam gemacht und muß zunächst den oder die betreffenden Hebel richtig einstellen, um denjenigen für das gewünschte Signal auf „Fahrt“ legen zu können. Hat er das Fahrsignal gezogen, so ist niemand im stande, einen Hebel dieser Gruppe umzustellen. Erst nach Umwandlung des Fahrsignals in „Halt“ werden sie wieder frei.

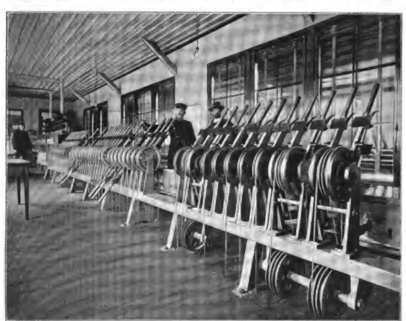
Neuerdings hat man die Verriegelung der Weichenhebel dahin verbessert, daß man sie durch einen besonderen Hebel — Fahrstraßenhebel genannt — bewirkt. Dieser erfordert zu seiner Bewegung nur geringen Kraftaufwand, da er nur eine Schubstange im Stellwerk zu verschieben hat, wohingegen die Signalhebel, wie oben erwähnt, eine wesentlich größere Verstellungskraft bedingen. Diese stärkere Kraftanstrengung kann unter Umständen den Wärter dahin irre führen, daß er den Signalhebel mit aller Wucht umlegen will, trotzdem vielleicht ein Weichenhebel falsch steht; ein Bruch von Stellwerksteilen ist da nicht ausgeschlossen, wie die Erfahrung verschiedentlich gezeigt hat. Der sehr leicht zu bewegende kleine Fahrstraßenhebel kann nicht eher umgestellt werden, als bis alle Weichen richtig gelegt sind. Bis dahin hält er den Signalhebel verschlossen, und erst wenn er selbst umgelegt ist und die Weichenhebel nunmehr verriegelt hat, wird der letztere frei. Wird das Signal gezogen, so verschließt dessen Hebel wiederum den Fahrstraßenhebel und sichert die ganze Gruppe. Damit ferner jede Gewaltanstrengung für den Wärter beim Verriegeln ausgeschlossen ist, baut man die Stellwerke so, daß die Handfallen der Hebel, nicht letztere selbst verschlossen werden. Die Hand des Wärters empfindet also schon durch leichten Druck, ob die Hebel frei oder verschlossen sind.

In Abb. 300 ist h die Handfalle, auf welche die Verriegelung durch den Fahrstraßenhebel wirkt. Sie klinkt entsprechend den beiden Hebelstellungen der Richtung A u. B bei o und o' in den Rahmen des Stellwerks ein und hält so durch ihre Federkraft den Hebel in seinen Endlagen fest. Beim Aufschneiden eines Weichenhebels werden die von dieser Weiche abhängigen Fahrstraßenhebel selbstthätig gesperrt.

Durch die neuere Verriegelungsart wird die Bauart der Stellwerke einfacher und der Bahnhofsbetrieb sicherer. Der Stellwerkswärter kann jetzt das Fahrsignal gleich nach Einfahrt des Zuges zwar einziehen, aber die Weichen bleiben dennoch durch den Fahrstraßenhebel verriegelt. Solange daher letzterer in seiner Riegelstellung verharrt, ist die Fahrstraße des einfahrenden Zuges gesichert und ohne Gefahr für diesen. Zur weiteren Erhöhung der Sicherheit hat man, namentlich auf deutschen Hauptbahnen, die Einrichtung noch dahin getroffen, daß das Umlegen der Fahrstraßenhebel dem Belieben des Signalwärters entrückt und von der zuvorigen Genehmigung derjenigen Dienststelle abhängig

gemacht wird, die genau beurteilen kann, ob die Freigabe gefahrlos oder unzulässig ist. Da nun der Zugmeldedienst in Deutschland durch das Stationsbüreau ausgeübt wird, jener aber mit der Bedienung der meistens räumlich von letzterem getrennten Stellwerke im Einklang stehen muß, so ist dieses Büreau bei uns die gegebene Überwachungsstelle für den Stellwerksdienst, und zu dem Zweck hält es sowohl die Fahrstraßenhebel als auch die Signalhebel unter Verschluß und zwar entweder mechanisch oder häufiger noch elektrisch. Für beide Verschlußanordnungen bestehen zahlreiche, oft höchst sinnreich erdachte Ausführungsformen; eine der elektrischen ist S. 309 kurz beschrieben.

Größere Bahnhöfe erfordern oft mehrere Stellwerksanlagen, die dann für gewisse Signale und Weichen in gegenseitiger Abhängigkeit stehen müssen. Letzteres wird durch besondere Hebel — Zustimmungshebel — erreicht. Durch Ziehen eines solchen Zu-



301. Stellwerk in Düsseldorf. Erbaut von Jüdel & Co. in Braunschweig.

stimmungshebels werden die für eine Fahrstraße in Betracht kommenden Weichenhebel des eigenen Stellwerks verschlossen und gleichzeitig der für jene Fahrstraße gültige Signalhebel des Nachbarstellwerks freigegeben.

Man ersieht aus dieser Darlegung, daß ein richtig gebautes Stellwerk Irrtümer in der gegenseitigen Weichen- und Signalstellung ausschließt.

Die wichtigeren Bahnhöfe in Deutschland sind mit Stellwerken ausgerüstet. Auf manchen Stationen besteht auch die einfachere Einrichtung, nur die Signale vom Stellwerk aus zu stellen, die Weichen dagegen von Hand zu bewegen und diese vom Stellwerk aus zu verriegeln (vergl. Abb. 315). Auch reine Weichenstellwerke für Rangiergleise kommen vor. Ein deutsches Signal- und Weichen-Stellwerk neuester Art ist in Abb. 301 wiedergegeben. Es enthält 83 Hebel. Die größte Hebelzahl, die in einem deutschen Weichenturm sich findet, beträgt 137. Sie wurde 1899 von der Firma Jüdel & Co. für ein Stellwerk des Hauptbahnhofs Essen zur Ausführung gebracht. In Amerika

enthält das größte Stellwerk 143 Hebel. Diese Zahlen werden noch erheblich übertroffen durch einige englische Ausführungen. So besitzt der Kopfbahnhof Brighton in drei einander nahegelegenen Stellwerken 456 Hebel, die sich mit 96, 120 und 240 Hebeln auf die einzelnen Anlagen verteilen. Die 240 Hebel sind in einer einzigen langen Reihe aufgestellt, und dieses Stellwerk ist wohl das längste, das im Eisenbahnwesen vorkommt. Da zwei Nachbarhebel etwa 12 cm Abstand haben, so ergibt sich hier eine Stellwerkslänge von rund 30 m. Auf Bahnhof Waterloo Bridge (London) und Eastbourne befindet sich je ein Stellwerk mit 108 Hebeln in einer Reihe, auf Bahnhof Rugby ein solches mit 180 Hebeln. Das größte Stellwerk Englands steht auf dem Kopfbahnhof London Bridge am Südufer der Themse. Es weist in zwei Reihen 280 Hebel auf und wird in täglich drei Schichten von je 4 Signalwärtern bedient. Die Gesamtzahl der wochentäglich hier verkehrenden Züge und Lokomotiven beträgt etwa 600. In den beiden verkehrsreichsten Morgenstunden, in denen die Londoner Geschäftsleute in dichten Scharen aus den Vorstädten Londons und den weiter entlegenen Orten zur City eilen, beläuft sich die Zugzahl auf 90! Zieht man hierbei noch die mancherlei Rangierbewegungen, das Umsetzen von Lokomotiven u. s. w. in Rücksicht, so kann man die Thätigkeit der Wärter dieses Stellwerkes ermessen, zumal ihnen auch zum Teil die gesamte elektrische Zeichengabe für den Zugsignaldienst obliegt. Bemerkenswert ist noch der Umstand, daß sich diese Riesenanlage auf derselben Bahn (Brighton Railway) seit etwa 3 Jahrzehnten befindet, auf der 1856 die Weichenzentralisierung ihren ersten Triumph gefeiert hat.

Die große Hebelzahl englischer Stellwerke rührt einmal davon her, daß für alle Spitzweichen, das sind gegen die Spitze des Herzstückes befahrene Weichen, eine besondere Sicherung mittels der Druckschiene (vergl. weiter unten Abschnitt „Einzelheiten zur Weichensicherung") vorgesehen ist. Zu jeder solchen Weiche gehören demnach 2 Hebel, einer zum Verlegen der Weiche, der andere zu ihrem Verriegeln. Sodann aber wird jene große Zahl vornehmlich durch die den festländischen Bahnen gegenüber erheblich stärkere Anzahl von hohen Standsignalen bedingt, durch die dem englischen Lokomotivführer seine Fahrstraße kenntlich gemacht werden soll. Es fehlen dafür teilweise die in Deutschland üblichen Weichensignale, die sich gleichzeitig mit dem Umlegen der Weichenzungen verstellen, also keines besonderen Stellhebels bedürfen. Beispielsweise entfallen von den erwähnten 240 Hebeln des mittleren Signalturmes in Brighton nur 76 auf Weichen und deren Verriegelung, dagegen 161 auf Signale; 3 Hebel dienen anderen Zwecken. In den Bahnhof münden 3 doppelgleisige Bahnen und eine eingleisige Linie, also 7 Gleise. Sie gabeln sich in 11 Bahnsteig- und 3 Nebengleise. Zu ihrer Sicherung dienen 95 Flügelsignale und zahlreiche Signalscheiben; 5 dieser letzteren befinden sich über den 5 Hauptgleisen zweier Bahnlinien; durch sie allein können wieder 44 verschiedene Zeichen (Nummern oder Buchstaben) gegeben werden, die dem Lokomotivführer eines einlaufenden Zuges das Bahnsteiggleis anzeigen, auf welchem er halten soll. Ein Teil der Signale wird von zwei Signaltürmen aus gemeinsam gestellt.

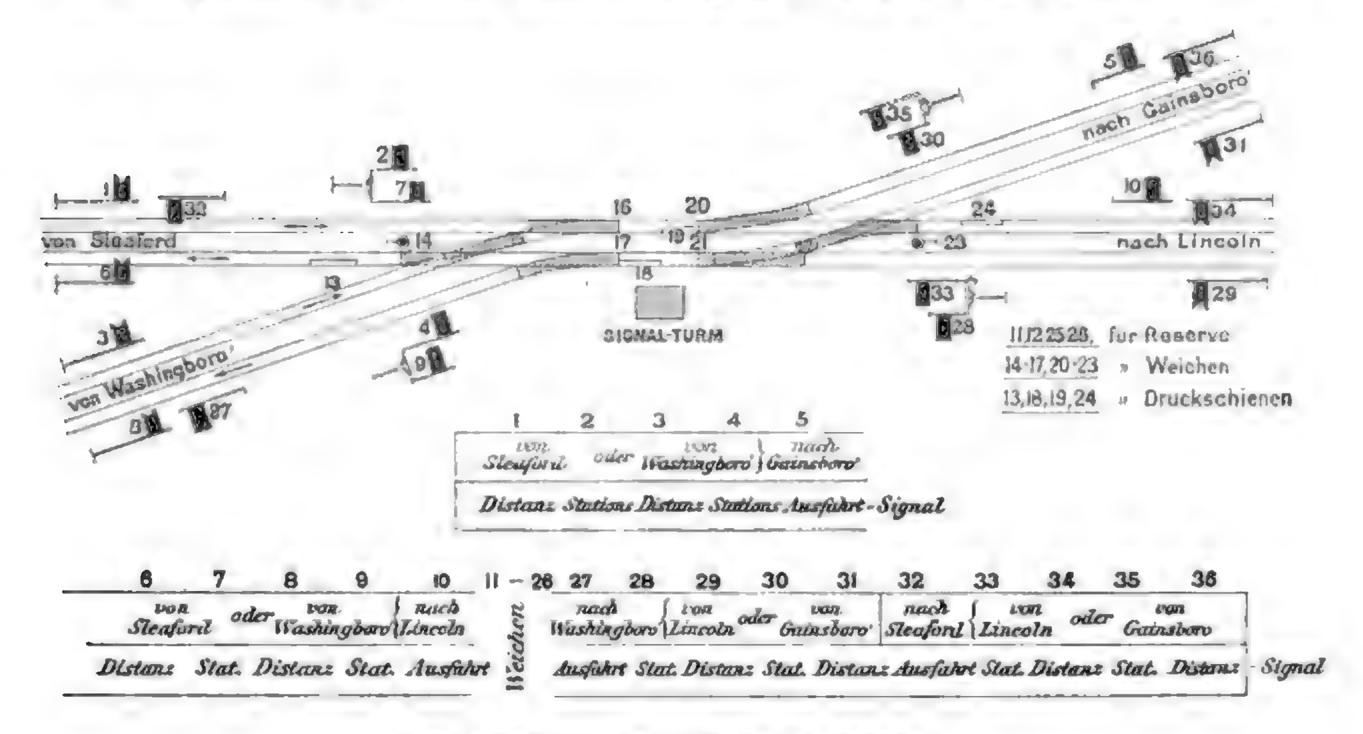
Die erwähnte reiche Ausstattung der englischen Bahnen mit Mastensignalen wird durch die in Abb. 302 dargestellte Kreuzungsstation zweier zweigleisiger Bahnen veranschaulicht. Jedes Gleis und jede Fahrrichtung ist durch drei Signale: Distanz-, Stations- und Ausfahrsignal gedeckt, insgesamt sind für die vier Richtungen 20 Mastensignale aufgestellt, deren Bedeutung aus der der Abbildung beigesetzten Übersicht hervorgeht. Das Stellwerk dieser Kreuzung, in der zwei halbe Kreuzungsweichen (14 und 22) liegen, enthält 36 Hebel, wovon 20 für Signale, acht zum Weichenstellen und vier für Druckschienen (S. 303) dienen, während vier Stück Reservehebel für etwaige spätere Gleisanlagen sind. Für die Signale gilt der Grundsatz, daß das am weitesten links stehende Signal zu der auch am weitesten links gelegenen Fahrstraße gehört; dem benachbarten Fahrgleise entspricht das nächste links stehende Signal (vergl. die vier Distanzsignale 1, 6, 3, 8 u. s. w.)

Das englische Distanzsignal findet man bis 1000 m vom Stationssignale entfernt. Zeigt es „Halt", so muß der Lokomotivführer die Fahrgeschwindigkeit so weit ermäßigen, daß er vor dem Stationssignale sicher anhalten kann, falls dieses bis dahin noch „Halt" zeigt. Damit ein einfahrender Zug die Strecke freigibt, schiebt man in England die Ausfahrtsignale mitunter bis 350 m über den Weichenturm hinaus, wie die Signale 5, 10, 27 und 32 in Abb. 302 zeigen. Der haltende Zug wird dann durch das Deckungssignal (home signal), z. B. 4, hinten gesichert.

Bedenkt man, daß manche englische Station täglich von rund 1000 Zügen verschiedener Richtung durchfahren wird, wie z. B. Clapham Junction in Südlondon (vergl. auch Fußnote der S. 318), so erscheint der oben gezogene Vergleich zwischen Stellwerk und Orgel um so zutreffender. Die Hebelreihen gleichen auf solchem Bahnhofe einer

Riesenklaviatur, auf der die Signalwärter ununterbrochen thätig sind, um Harmonien zu schaffen, die das eilende Dampfroß sicher durch das Labyrinth der Gleise und Weichen geleiten.

Als Beispiel einer deutschen Anlage sei im Gegensatz zu der Brighton-Station der Durchgangsbahnhof in **Hannover** gewählt. Er enthält 9 Bahnsteiggleise, in die auf einer Seite die Linien von Lehrte (Knotenpunkt für Berlin, Hamburg, Magdeburg), Kassel und Altenbecken, sowie die Bahn nach dem städtischen Viehhof einmünden, auf der anderen die Linien von Wunstorf (Knotenpunkt für Bremen und Köln), Visselhövede und Hainholz (Güterbahnhof) nebst einem Gleise nach der Lokomotivstation. Auf dem Bahnhof verkehren täglich rund 275 Züge und zweimal 275 Einzellokomotiven, dazu kommt noch der Verschiebedienst. Sämtliche Gleise werden gesichert durch 40 Flügelsignale und einige



302. Sicherung einer englischen Gleiskreuzung.

Scheiben. Das auf jeder Seite der Bahnhofshalle befindliche Stellwerk enthält 53 bezw. 65 Hebel. Hiervon sind 77 Weichen- und 41 Signalhebel. Den Stand der Weichen erkennt hier der Führer durch die Weichensignale. Der Dienst wickelt sich glatt und sicher ab.

Da das Stellen dieser Hebel von Hand auf verkehrsreichen Bahnhöfen anstrengend ist, so hat man sie auf mechanischem Wege leichter und schneller zu bewegen versucht. Der Wärter braucht dann nur kleine Hebel und Griffe zu handhaben. Wasserdruck ist verschiedentlich zu dem Zwecke (namentlich durch die Fabrik von Haniel & Lueg in Düsseldorf) in Frankreich, Spanien und Italien gewählt worden. In Deutschland selbst ist nur eine Station probeweise damit ausgerüstet worden. Um das Wasser am Gefrieren zu hindern, war ihm Glycerin beigemengt worden. Auch Luftdruck ist wiederholt in Vorschlag gebracht worden und mehrfach auf italienischen Bahnen zur Anwendung gebracht. Seit 1891 benutzt die Westinghouse-Bremsgesellschaft in eigenartiger Weise dieses Kraftübertragungsmittel für Stellwerke.

An den verschiedenen Signalmasten und Weichen ist je ein Druckluftcylinder mit Kolben angebracht, dessen Stange nach Abb. 303 mit den Signalflügeln bezw. den Weichenzungen in Verbindung steht. Von der Erzeugungsstelle der Preßluft durchzieht ein Hauptrohr das Bahnhofsgelände und schließt durch Zweigröhren unter Einschaltung eines Hilfsluftbehälters an jede Stellvorrichtung an. Der Eintritt der mit etwa fünf Atmosphären gepreßten Arbeitsluft in die Cylinder wird durch Ventile geregelt, die vom Stellwerk aus durch elektrische Ströme von 15 Volt Spannung ausgelöst werden. Bis

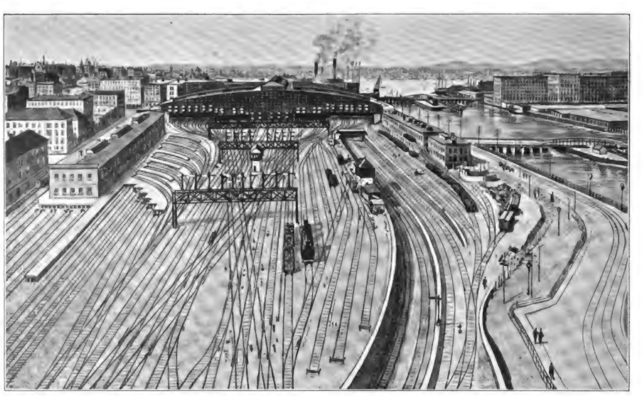
Anfang 1900 sind 54 solcher „elektro-pneumatischen" Stellwerke mit insgesamt 2000 Stellhebeln für nordamerikanische Bahnen ausgeführt, darunter der Union-Bahnhof in St. Louis mit 131 Hebeln, der im Jahre 1899 eröffnete Südbahnhof in Boston mit 143 Hebeln u. s. w. Auch in London und München besteht eine derartige Anlage kleineren Umfanges. Zu diesen Hebelzahlen ist zu bemerken, daß der mechanische Stellbetrieb das Kuppeln von Weichen in größerem Umfange gestattet, als der Handbetrieb, was die Anzahl der Hebel vermindert. Ein sprechendes Beispiel hierfür ist die genannte Anlage aus neuester Zeit in Boston:

Die 174 m breite, dreischiffige Stationshalle enthält 28 parallele Gleise, die von vier dem Vorortverkehr dienenden Gleisen — rechts in Abb. 304 erkennbar — in 5,2 m Tiefe schleifenförmig unterfahren werden. Links der Halle wickelt sich der Post-, Gepäck- und Eilgutverkehr ab. Rechts der Halle liegt das mit großen Dampf- und Arbeitsmaschinen ausgestattete Kraftwerk für die Heizung, sowie zur Erzeugung von elektrischem Strom für Licht- und Arbeitszwecke, von Preßluft für die Signal- und Weichenstellung, von Kunsteis für das Trinkwasser der Personenzüge u. s. w. Der Bahnhof ist für eine größte tägliche Zugzahl (Fernzüge) von 750 berechnet, während die Zahl der auf den Tiefgleisen ein- und ausfahrenden Vorortzüge etwa doppelt so hoch veranschlagt ist. Hätte man das Gleisnetz mit seinen etwa 160 Weichen und 156 Flügelsignalen durch ein von Hand betriebenes Stellwerk sichern wollen, so wären dazu ungefähr 360 Hebel notwendig gewesen. Durch die Wahl des mechanischen Betriebes hat sich diese Zahl auf 154 einschränken lassen, was zugleich eine vorteilhaftere Ausnutzung des Bahnhofsgeländes ergab. In dem Hauptweichenturm — inmitten der Abb. 304 sichtbar — sind 143 Hebel für 148 Signale und 140 Weichen (einschl. 31 doppelter Kreuzungsweichen) vereinigt, während ein zweiter kleiner Turm (rechts in der Abb.) 11 Hebel für einige Signale und Weichen zur Bedienung der vier Tiefgleise besitzt. Außer den erwähnten Mastensignalen dienen noch zahlreiche Scheiben zur Zugsicherung.

Nicht weniger als 128 Flügelsignale sind auf 9 eisernen Gleisbrücken, wovon 7 in Abb. 304 sichtbar, außerhalb der Halle aufgestellt. Der Bahnhof dürfte wohl in der Eisenbahnwelt der an solchen Signalen reichste sein. Das große Stellwerk erfordert zu seiner Bedienung ständig je drei Wärter, die in drei Schichten täglich abgelöst werden, außerdem einen Telegraphisten für die Stationsmeldungen, einen Telephonwärter für den Hallenbetrieb sowie für den gesamten Zugverkehr einen Oberleiter mit einem Assistenten. Die beiden letzteren Beamten haben ihren Platz in einem der Halle zugekehrten Glaserker oben am Weichenturm. Die Stellwerkseinrichtung gestattet das gleichzeitige Ausfahren oder Einlaufen von 11 Zügen, wozu ferner noch 4 Züge der Tiefgleise kommen, also insgesamt 15!

303. Weichen- und Signal-Stellvorrichtung mit Luftdruck und elektrischer Auslösung.

Vor wenigen Jahren haben sodann Siemens & Halske in Berlin, die auf dem Gebiete der Zugsicherung Hervorragendes geleistet haben, den elektrischen Antrieb für Signale und Weichen ausgebildet. Die Umstellung der Weichen und Signale erfolgt hier durch kleine Elektromotoren, welche neben jeder Weiche bezw. an jedem Signalmast sich befinden. Dünne Kabel leiten den Strom von etwa 110 V Spannung von den Umschaltern des Stellwerks nach den einzelnen Motoren. Als Stromquelle dient eine Speicherbatterie, welche aus der Lichtleitung des Bahnhofs geladen wird. Die Antriebsweise für Weichen und Signale ist verschieden; die für Mastensignale zeigt Abb. 305. Der Motor treibt mittels „Schnecke" ein sich erheblich langsamer drehendes Schneckenrad an, das auf jeder Seite mit einer sog. Hubrinne versehen ist, von der aus die Bewegung durch Zwischenteile schließlich auf die Flügel-Stellstange übertragen wird.

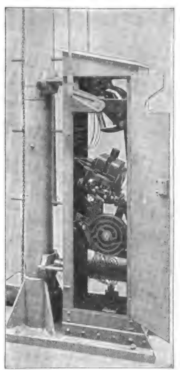


304. Signalbrücken auf dem neuen Bahnhof zu Boston.

Digitized by Google

Derartige Anlagen finden sich mit insgesamt 926 Weichen- und Signalantrieben in Berlin, Karthaus, Dresden, Untertürkheim bei Stuttgart (großer Verschubbahnhof mit 146 Weichen- und 28 Signal-Antrieben), in Österreich u. s. w.

Wie ordnet man nun aber das Stellwerk an, damit es in der geschilderten vielseitigen und sinnreichen Weise auch wirken kann, den heranbrausenden Zug zu jeder Zeit sicher durch die zahlreichen Gleisverästelungen leitet, alle Gefahrenthore des Bahnhofs gegen seine Fahrstraße sperrt und den Menschen sogar zur richtigen Thätigkeit hierbei zwingt? Nun, der Eisenbahn-Ingenieur stellt zunächst auf Grund der früher genannten, für die Station festgesetzten Fahrordnung und des Gleisplans eine sogenannte Verschlußtafel auf. Aus dieser ist ersichtlich, welche Weichen und Signale für die einzelnen Fahrstraßen in Frage kommen, und welche Verschlüsse u. s. w. zur Sicherung der Zuggleise erforderlich sind. Dieser Übersicht entsprechend arbeitet dann die betreffende Maschinenfabrik die Bauzeichnung aus, entwirft vor allem die Querstücke der Stellwerkshebel mit ihren Einschnitten oder Vorsprüngen u. s. w., ihren Schubriegeln u. s. w. und führt endlich danach den Bau aus.



305. Elektrischer Signalantrieb.

Abb. 306 zeigt eine solche Verschlußtafel, Abb. 307 den zugehörigen Gleisplan für eine Station, deren Gleise und Signale durch zwei Stellwerke bedient werden. Die zu ihrem Verständnis notwendigen Erläuterungen sind im nachstehenden gegeben, und daraus wird sich auch der Laie ein Bild von den Vorgängen im Betriebe eines Bahnhofs machen können.

Die Darstellungsweise beider Abb. ist die, wie sie für die preußischen Staatsbahnen vorgeschrieben ist. Hiernach sind die Weichen eines Stellwerksbezirks durchlaufend zu numerieren, die Kreuzungsweichen außerdem noch mit den Buchstaben a bis d zu versehen. Gleisplan und Verschlußtafel müssen hierin genau übereinstimmen

Gleisplan. 1. Die Grundstellung einer Weiche, das ist diejenige, in welcher die letztere am wenigsten oft umgestellt zu werden braucht, wird durch ein + auf der Seite desjenigen Gleises angedeutet, welches bei der Grundstellung für die Durchfahrt geöffnet ist. Abb. 308 bis 310 zeigen drei Beispiele hierfür.

In Abb. 310 kann der gerade Strang m n befahren werden, während gleichzeitig die beiden Zweige des anderen geraden Gleises von m n abweisen; Gleis o zeigt auf den unteren krummen Strang, Gleis p auf den oberen. Die Weichenzungen sind hier an jedem Ende der Kreuzung paarweise gekuppelt. Wird z. B. der Hebel auf Seite n gezogen, so kann ein Zug von n nach o fahren. Durch diese Kuppelung ergibt sich eine bessere Ausnutzung des Gleisplanes der Abb. 307. Man kuppelt in anderen Fällen auch so, daß entweder beide geraden Gleise befahrbar sind, oder beide gekrümmten.

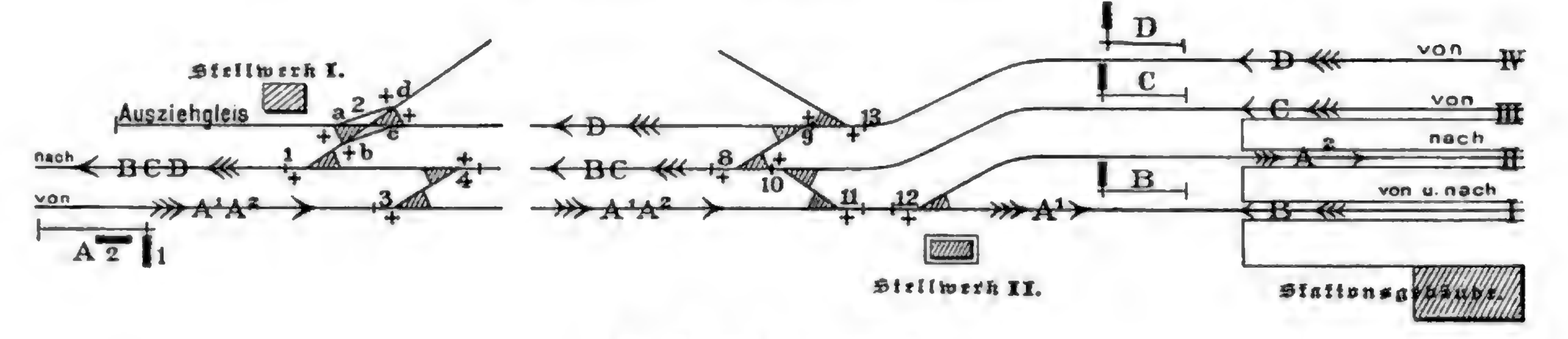
2. Die Signalmasten werden in einfachen Linien in der Haltstellung der Flügel, das ist hier die Grundstellung, dargestellt. Die bei der Haltstellung senkrecht stehenden Signalarme 2 oder 3 flügeliger Masten werden auf derjenigen Seite neben dem Maste eingezeichnet, nach welcher hin sie sich beim Geben des Fahrsignals bewegen (Abb. 311). Jeder Signalmast wird mit einem großen lateinischen Buchstaben bezeichnet. Bei mehrflügeligen Masten wird den einzelnen Flügeln (von oben nach unten gezählt) die Ziffer 1, 2 oder 3 beigefügt.

3. Die durch die Fahrordnung festgesetzten Wege der ein- und ausfahrenden Züge werden an den Gleislinien kenntlich gemacht und zwar durch Pfeilspitzen sowie Buchstaben, welche den Zeichen der zugehörigen Signale entsprechen. Die Signale mehrflügeliger Masten werden durch die Kennziffern 1, 2 bezw. 1, 2, 3 neben den großen Buchstaben unterschieden.

Digitized by Google

Stellwerk I.												Stellwerk II.												Stations-Blockwerk	
Bezeichnung der Signale	Richtung der Züge	Einfahrts-Signalhebel			Weichenhebel				Zustimmungshebel			Zustimmungshebel			Weichenhebel				Ausfahrts-Signalhebel			Richtung der Züge	Bezeichnung der Signale	Einfahrt	
		■	■									●	●						■	■	■			●	●
		A¹	A²	frei	1	2a/b	2c/d	3/4	b	c	d	a¹	a²	frei	8/9	10/11	12	13	B	C	D			a¹	a²
A¹	Personenzug nach Gleis I	4 5	⊤					+	+			○ 2/3	● +			+	+		⊤			Personenzug nach Gleis I	A¹	1 ○	●
A²	Persfzg. u. Güterzug nach Gleis II	⊤	5 6					+	+			● +	○ 2/4			+	3		⊤			Persfzg. u. Güterzug nach Gleis II	A²	●	1 ○
B	Personenzug aus Gleis I	⊤	⊤		+		+	+	1	+	+	+	+		+	3	+		2 4	⊤	⊤	Personenzug aus Gleis I	B		
C	Personenzug aus Gleis III				+		+	+	+	1	+				+	+			⊤	2 3	⊤	Personenzug aus Gleis III	C		
D	Güterzug aus Gleis IV				1	+	1		+	+	2				+			+	⊤	⊤	3 4	Güterzug aus Gleis IV	D		

806. Verschlußtafel zur Sicherungsanlage auf Bahnhof X.



807. Gleisplan des Bahnhofs X.

Verschlußtafel. 1. Die Weichen- und Signalhebel erhalten die gleiche Bezeichnung wie die zugehörigen Weichen und Signale im Gleisplan.

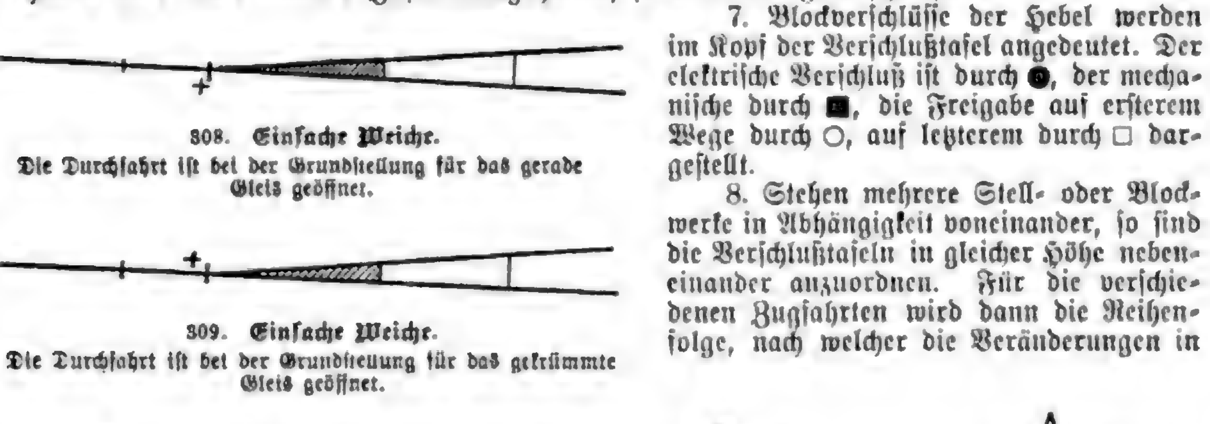
2. Die Spalten für die Weichenhebel werden nur für diejenigen Zugfahrten ausgefüllt, bei denen ein Verschluß des betreffenden Weichenhebels stattfindet. Dieser Verschluß wird in der Grundstellung durch „+", in der gezogenen Stellung durch „−" bezeichnet.

3. Die Spalten für die Signalhebel werden nur für diejenigen Zugfahrten ausgefüllt, bei denen der Hebel entweder gezogen oder unter Verschluß gehalten wird. Der Verschluß eines Signalhebels in der Grundstellung wird durch das Haltsignal angedeutet, die gezogene Stellung des Signalhebels durch das eingezeichnete Fahrsignal. Erfolgt der Verschluß eines Hebels ausschließlich durch das Ziehen eines anderen Signalhebels, so wird das betreffende Feld schraffiert.

4. Fahrstraßenhebel werden durch kleine lateinische Buchstaben bezeichnet, welche den großen Buchstaben der Signale entsprechen.

5. Zustimmungshebel werden durch kleine Buchstaben bezeichnet, welche den großen der verschlossen gehaltenen Signalhebel im Nachbarstellwerk entsprechen, gegebenenfalls wie bei 4. unter Beifügung der Kennziffern des Signalhebels.

6. Die Spalten für die Zustimmungshebel werden nur für diejenigen Zugfahrten ausgefüllt, bei denen ein Verschluß des betreffenden Zustimmungshebels stattfindet. Der Verschluß wird in der Grundstellung durch „+", in der gezogenen Stellung durch „−" bezeichnet. Erfolgt der Verschluß eines Zustimmungshebels ausschließlich durch das Ziehen eines Signalhebels oder eines anderen Zustimmungshebels, so wird das Feld schraffiert.

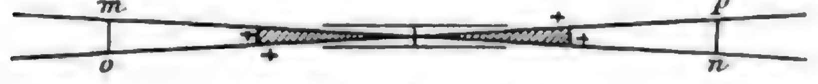


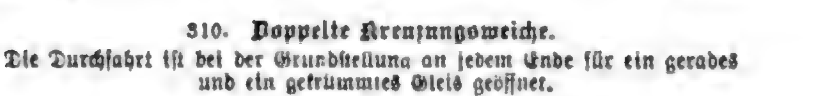
308. Einfache Weiche.
Die Durchfahrt ist bei der Grundstellung für das gerade Gleis geöffnet.

309. Einfache Weiche.
Die Durchfahrt ist bei der Grundstellung für das gekrümmte Gleis geöffnet.

7. Blockverschlüsse der Hebel werden im Kopf der Verschlußtafel angedeutet. Der elektrische Verschluß ist durch ●, der mechanische durch ■, die Freigabe auf ersterem Wege durch ○, auf letzterem durch □ dargestellt.

8. Stehen mehrere Stell- oder Blockwerke in Abhängigkeit voneinander, so sind die Verschlußtafeln in gleicher Höhe nebeneinander anzuordnen. Für die verschiedenen Zugfahrten wird dann die Reihenfolge, nach welcher die Veränderungen in





310. Doppelte Kreuzungsweiche.
Die Durchfahrt ist bei der Grundstellung an jedem Ende für ein gerades und ein gekrümmtes Gleis geöffnet.

311. Zweiflügeliger Signalmast.
Grundstellung.

den einzelnen Feldern herbeigeführt werden sollen, innerhalb der letzteren durch Ziffern angegeben.

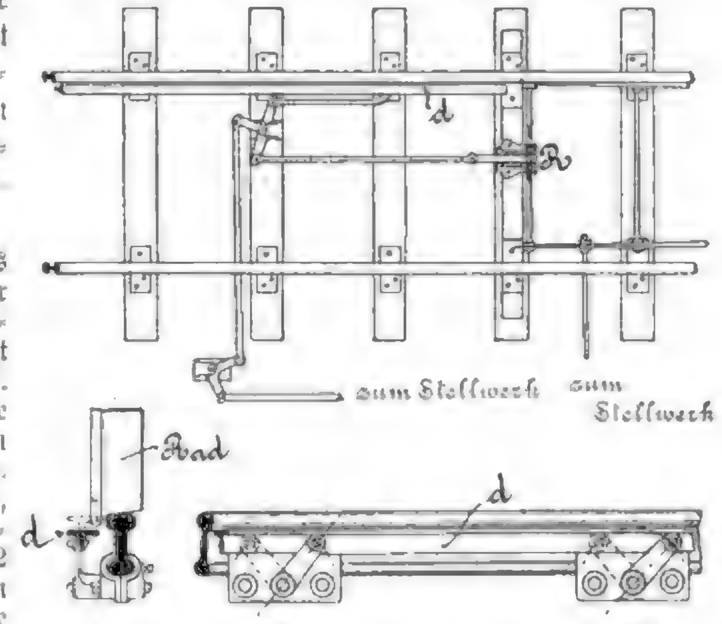
Der Leser versuche hiernach einmal die Verschlußtafel für den sehr einfachen Gleisplan der Abb. 307 selbständig aufzustellen. Er wird dann die Summe von Arbeit und sorgfältigster Überlegung ermessen, welche für die Anfertigung der Verschlußtafel eines großen Bahnhofs aufzuwenden ist. Beispielsweise enthält diese Tafel für den durch zwei Stellwerke gesicherten Bahnhof Hannover bereits 153 senkrechte und 29 wagerechte Spalten. Wie viel umfangreicher und mühseliger gestaltet sich nun gar der Fall für die Riesenstellwerke von Boston, Brighton und London!

Einzelheiten zur Weichensicherung.

Die oben erwähnte Sicherung der Spitzweichen englischer Bahnen durch Druckschienen wurde veranlaßt durch einen im Sommer 1873 stattgehabten, besonders schweren Eisenbahnunfall. Der schottische Schnellzug der London und North Western-Bahn wurde bei voller Fahrt in einer Spitzweiche zerrissen. Während sein vorderer Teil auf dem Hauptgleise verblieb, rannten die sieben letzten Wagen in das Abzweiggleis. Sie wurden nahezu gänzlich zertrümmert, wobei es zahlreiche Tote und Verletzte gab. Die Weiche war vom Stellwerkswärter nach Einziehung des Fahrsignals umgelegt worden, während der Zug sie gerade noch durchfuhr. Ein „Falschspuren" der hinteren Wagen, d. h. Einlaufen in ein falsches Gleis, während die vorderen Wagen auf dem richtigen verharrten, und eine Zugtrennung waren die unvermeidliche Folge. Dieser Unglücksfall gab damals

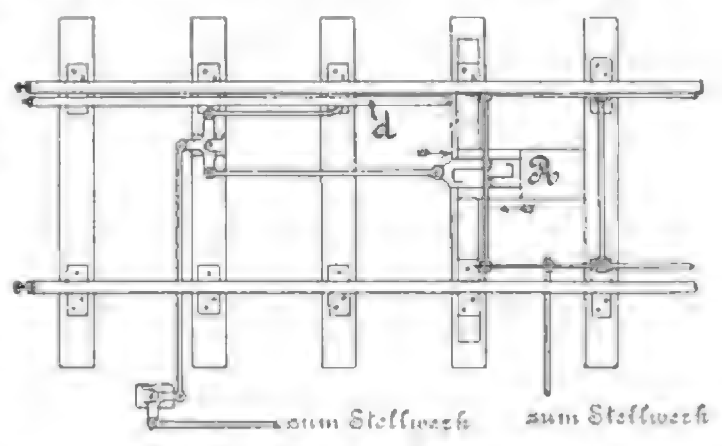
Digitized by Google

in England Anlaß zu mannigfachen Sicherungsvorschlägen, da schon früher wiederholt Unglücksfälle durch das zu frühe Umlegen von Spitzweichen vorgekommen waren. Die Vorschläge gipfelten alle darin, die Zungen der Spitzweichen während der Durchfahrt eines Zuges unverrückbar in ihrer richtigen Lage zu erhalten. Zur allgemeinen Einführung gelangte damals die Druckschiene. Ein vorzeitiges Umstellen von Weichen, die nicht durch Druckschiene gesichert sind, ist auch heutigestags nichts allzu seltenes. So sind z. B. von den im Jahre 1898/99 auf Bahnhöfen der preußischen Staatsbahn erfolgten 160 Entgleisungen 37 Fälle auf jene Ursache zurückzuführen. Seit 1898 besteht für diese Bahnen die Vorschrift, alle spitz befahrenen Weichen gegen das Umlegen unter einem fahrenden Zuge selbst bei zurückgenommenem Fahrsignal zu sichern.



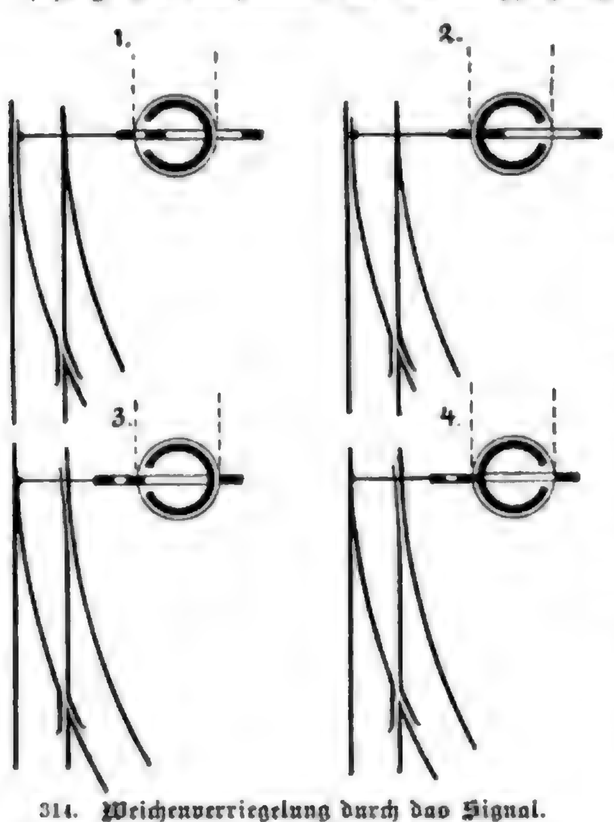
312. Druckschiene mit Riegel.

Druckschiene. Sie besteht aus einem langen T Eisen, das an der Innenseite einer Fahrschiene durch Gelenke beweglich gelagert und bis dicht vor die eine Weichenzunge geführt ist. Anfänglich wurde die Druckschiene gleichzeitig mit den Weichenzungen durch denselben Stellhebel bewegt. Später gab man ihr eine besondere, mit einer Weichenverriegelung verbundene Stellvorrichtung. Abb. 312 zeigt diese auf den englischen Bahnen allgemein übliche Bauart. Die vordere Verbindungsstange der Zungen (in England sind stets zwei solcher Verbindungen für jede Weiche vorgeschrieben) besitzt zwei Schlitze. Je nach ihrer Lage greift ein auf einer Querschwelle geradlinig geführter und mit der Druckschiene d sowie deren Stellvorrichtung verbundener Riegel R in einen dieser Schlitze und sichert die Weiche. Liegt letztere nicht richtig, so kann der Riegel nicht in den Schlitz treten, und der Stellwerkswärter vermag nicht den Hebel ganz umzulegen. Er wird genötigt, zuvor die Weiche genau einzustellen. Bei verriegelter Weiche liegt die Druckschiene so viel tiefer als der Schienenkopf, daß die Spurkränze der Eisenbahnräder sie nicht berühren. Beim Umstellen der Weiche wird sie dagegen bis zur Lauffläche der Schienen gehoben. Befindet sich daher ein Rad mit seinem Spurkranz über ihr, so kann der Signalwärter sie nicht völlig anheben, also auch nicht den Riegel ganz aus der Querstange herausziehen und nicht die Weiche umlegen. Die Druckschiene vermag daher einen Zug oder ein Fahrzeug gegen Falschspuren zu sichern, wenn ihre Länge (5—8 m in England) mindestens gleich dem größten vorkommenden Abstande zweier benachbarter Radachsen eines Fahrzeuges oder Zuges der betreffenden Bahn gewählt wird. Es ist dies eine große Sicherheit für den Betrieb, da der Wärter bei weit hinausgeschobenen Weichen, zumal wenn diese in gekrümmten Gleisen liegen, und bei unsichtigem Wetter nicht immer erkennen kann, ob die letzten Räder des Zuges die Weiche durchfahren haben. Die Druckschiene übt auf ihn stets einen Zwang aus. Die vorgenannte Verriegelung hat später eine wesentliche Verbesserung erfahren, zu der, wie so oft, ebenfalls ein böser Unfall Anlaß wurde. Auf einem Bahnhof war das Gestänge nach einer Spitzweiche gebrochen. Dem Wärter blieb dieses unbekannt, er legte den Weichenhebel richtig um und gab das Fahrsignal. Die Weiche selbst war aber nicht verstellt worden, der Zug rannte in eine Abzweigung und wurde stark beschädigt. Um derartige Gestängefehler zur Kenntnis des Signalwärters zu bringen, hat man den Riegel (R in Abb. 313) doppelt gestaltet. Bei der einen Weichenlage wird der eine Riegel in die Riegelstange gedrückt, bei der anderen wird der zweite Riegel in sie gezogen. Eine Verriegelung ist



313. Druckschiene mit Doppelriegel.

also in jedem Falle nur bei richtig stehender Weiche möglich. Wird im Falle des Gestängebruchs der Weichenhebel umgelegt, so ist dieses für den Riegelhebel der Druckschiene nicht möglich, die Freigabe des Signals also wirksam gehindert. Neuerdings hat man die Druckschiene auch an die Außenseite der Fahrschiene gelegt (bessere Reinigung bei Schneefall). Sie liegt dann bei verriegelter Weiche fast in Schienenhöhe und erhebt sich beim Losriegeln über diese. Auch hat man keilartige Riegel eingeführt, die sich in entsprechend geformte Zungenstühle schieben und die Zungen sicher festhalten. In Deutschland wird die Außenlage vorgezogen. Um die Abnutzung der Druckschiene durch ausgelaufene Radreifen zu vermeiden, hat Büssing (Braunschweig) die (aus einem Flacheisen gebildete) Schiene in wagerechter Ebene beweglich angeordnet, derart, daß sie bei verriegelter Weiche so weit von der Fahrschiene abliegt, daß die Räder sie nicht berühren. Bei der Entriegelung wird sie dann gegen die Fahrschiene bewegt und stößt, falls sich noch ein Rad in ihrem Bereiche befindet, gegen dasselbe, so daß sie nicht umgelegt werden kann. Diese Bauart ist zweckmäßig. Alle diese Druckschienen bedingen aber Fahrzeuge mit nicht zu großem Radstande (= Abstand der äußeren Radachsen voneinander), da sie sonst zu lang und zu schwer beweglich ausfallen. Auf den deutschen Bahnen kommen Wagen mit sehr verschiedenen und sehr großen Radständen vor (bei Langholzwagen bis 20 m). Hier werden deshalb die Schutzschienen nicht so allgemein benutzt wie in England. In letzterem Lande haben sie sich gut bewährt und finden deshalb auch häufige Anwendung für andere Sicherungszwecke. Bei kurzen Stationsabständen, wie sie in Industriegegenden mit dichtem Gleisnetz (Clevelandbezirk u. s. w.), sowie auf Stadtbahnen vorkommen, z. B. auf den Londoner Untergrundbahnen, hat man solche Druckschienen mit dem Ausfahrsignal in Verbindung gebracht. Die Schutzschienen liegen dann neben dem Bahnsteig, und solange ein Zug hier hält, können sie natürlich nicht angehoben und umgelegt werden. Das Ausfahrsignal der rückwärts gelegenen Station, das an diese Druckschienen angeschlossen ist, kann daher auch nicht versehentlich gegeben werden, da sein Hebel versagt. Das Aufeinanderrennen zweier Züge ist dadurch unmöglich gemacht. Ferner werden sie mit Vorteil bei Bahnkreuzungen verwendet, um das Einfahren eines Zuges in das Ende eines anderen zu hindern, der zwar die Kreuzung schon durchfahren hat, aber noch nicht mit seinem letzten Wagen über den Merkpfahl*) hinausgerückt ist. In der Abb. 302 liegen bei 13 u. 24 Druckschienen neben dem Merkpfahl, während die bei 18 u. 20 gezeichneten zur vorerörterten Sicherung der Spitzweichen dienen.



311. Weichenverriegelung durch das Signal.

Da die Bewegung langer Druckschienen für den Stellwerkswärter anstrengend ist, so hat man jene auch selbstthätig gemacht. Federn oder Gegengewichte erhalten sie in der höchsten Stellung — bei Außenlage etwa 20 mm über dem Schienenkopf, bei Innenlage in Schienenkopfhöhe. Die überrollenden Räder drücken sie nieder und bewirken dadurch das Verriegeln, während die Federkraft u. s. w. sie nach Vorbeifahrt des Zuges wieder hochdrückt und die Weiche entriegelt.

Seit 1898 ist auf den preußischen Staatsbahnen vielfach ein sogenannter Zeitverschluß für die Druckschiene eingeführt worden. Hierbei kommt ein doppelarmiger Radtaster in Anwendung, dessen längeres Ende beim Niederdrücken des kürzeren hochgeht, die Weiche verriegelt und gleichzeitig in einem eisernen, durch Ledermembrane abgeschlossenen Doppelbehälter mit Ventilverschluß eine Luftverdünnung erzeugt. Da die Außenluft nur langsam wieder eindringen kann, so dauert die Verriegelung eine gewisse Zeit lang. Diese Anordnung ist von gedrängter Bauart und im Gleise bequemer einzubauen, als die Druckschiene. Bis jetzt hat sie sich gut bewährt.

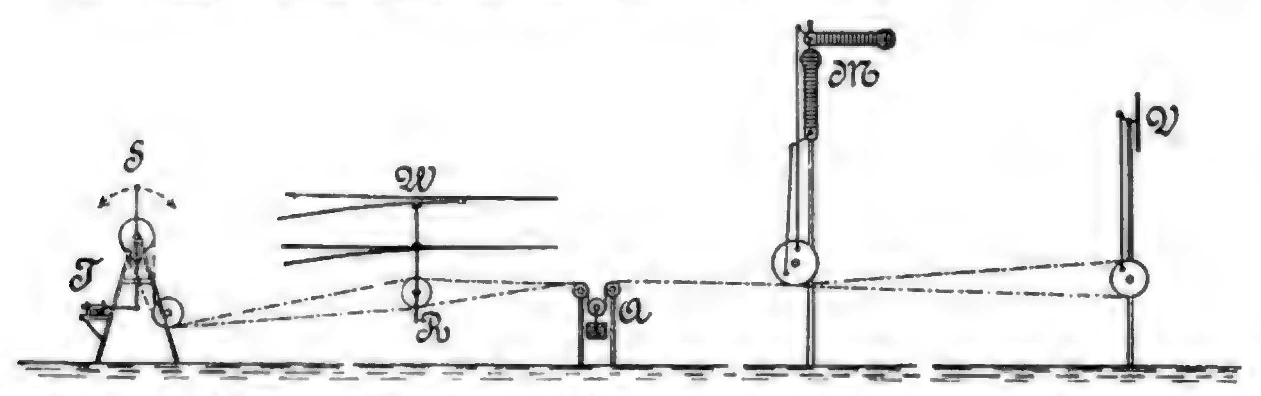
Riegeltopf für Spitzweichen. Nach deutscher Vorschrift muß jede Weiche einer Hauptbahn, gegen deren Spitze fahrplanmäßige Züge fahren, während des Durchganges des Zuges

*) Nach den Vorschriften für deutsche Eisenbahnen muß zwischen zusammenlaufenden Schienensträngen ein Merkzeichen angebracht sein, welches die Stelle angibt, über die hinaus auf dem einen Gleise Fahrzeuge mit keinem ihrer Teile vorgeschoben werden dürfen, ohne daß der Durchgang von Fahrzeugen auf dem anderen Gleise gehindert wird.

entweder verriegelt gehalten werden oder von einem Weichensteller bewacht sein. Ferner müssen diese Weichen, falls sie von Personenzügen befahren werden, durch ein Signal derart gesichert sein, daß dessen Fahrstellung nur nach Richtiglegung der Weichen für den vorgeschriebenen Weg gegeben werden kann. Solange das Fahrsignal steht, muß es auch die zugehörige Weiche verriegelt halten. Steht das Signal auf „Halt“, so muß die Weiche nach beiden Richtungen frei umstellbar sein. Diese Verriegelung wird vielfach durch die Riegel- oder Verschlußrolle bewirkt, das ist eine nach Abb. 314 in den Signaldrahtzug neben der Weiche eingeschaltete Rolle mit einem kreisförmigen Ansatze, der sich bei richtiger Weichenlage in einen der beiden Schlitze der mit den Zungen verbundenen Riegelstange einschiebt. Bei unvollkommener Zungenanlage ist eine Drehung der Riegelrolle nicht möglich, und die Ziehung des Fahrsignals wird verhindert. Nr. 1 und 3 in Abb. 314 zeigen die Lage des Riegelansatzes beim Haltsignal, Nr. 2 und 4 beim Fahrsignal. Diese Anordnung bildet das Gegenstück zu der Druckschienen-Verriegelung. Dort wird der Riegel durch ein Gestänge bedient, hier durch einen Drahtzug; daher ist er hier bogenförmig gestaltet.

Diese an sich treffliche Einrichtung verhindert nun aber nicht, daß der Signalwärter zu früh das Fahrsignal einzieht, dadurch die Spitzweiche entriegelt und diese unter einem Zuge umlegen kann. Um solches unmöglich zu machen, muß die früher beschriebene Druckschiene oder ein Zeitverschluß angebracht werden.

Die Anwendung eines Riegeltopfes in Verbindung mit dem Signalmast zeigt Abb. 315. W ist die von Hand bediente Weiche, deren Riegelstange R durch den Stellhebel S von der Station oder dem Weichenturm aus verriegelt wird, sobald das Flügelsignal M mit seinem Vorsignal V auf Fahrt gestellt wird. A bezeichnet den Drahtspanner (S. 308), T die Riegelstange zum Verriegeln der Hebel der übrigen Bahnhofsweichen. Auch auf elektrischem Wege hat man Spitzweichen gegen vorzeitiges Umstellen gesichert.



315. Stellvorrichtung eines Mastensignals mit Vorsignal und gleichzeitiger Verriegelung der von Hand gestellten Spitzweiche.

Spitzenverschlüsse. Die Weichen müssen mit dichtem Zungenanschluß in ihrer Lage unverrückbar gehalten werden. Abnutzung in den Gelenken des Gestänges u. s. w., sowie Änderungen durch die Wärme müssen ohne Einfluß auf das gute Anliegen der Weichenzungen bleiben. Dieses wird erreicht durch besondere, neben den Weichen in das Gestänge oder in die Drahtzüge eingeschaltete Stellvorrichtungen, Spitzenverschlüsse genannt. Ihre Bauart ist verschieden. Bei den durch Stellwerke bedienten (zentralisierten) Weichen kann nun eine Beschädigung der Stellvorrichtung eintreten, wenn ein Fahrzeug vom Herzstück aus eine für eine andere Richtung gestellte Weiche durchfährt. Es muß dann mittels seiner Spurkränze deren Zungen gewaltsam zur Seite schieben, sie aufschneiden. Das „Aufschneiden“ ist zwar strengstens verboten, kommt jedoch nicht selten vor. Zur Verhütung der hierbei sonst unvermeidlichen Zerstörungen im Gestänge oder im Stellwerk dienen die „aufschneidbaren“ Spitzenverschlüsse. Auch deren Bauart ist sehr mannigfach. Bei mancher ist ein schwacher Stahlbolzen eingelegt, dessen Festigkeit für das Umlegen der Weiche zwar genügt, nicht aber für das gewaltsame Aufschneiden. Er wird daher in letzterem Falle abgeschert (durchgeschnitten). Derartige Bolzen, in die absichtlich die Zerstörung geleitet wird, sind schnell und ohne nennenswerte Kosten zu ersetzen. Abb. 316 zeigt einen der zahlreich ersonnenen Spitzenverschlüsse mit Scherbolzen. Neben der Weiche ist das vom Stellwerk kommende Gestänge an den Spitzenverschluß angeschlossen. Ersteres liegt mittels eines Doppelhebels a b R in einem um den Bolzen f drehbaren Winkelhebel c d e. Soll die Weiche umgestellt werden, so legt sich das mit einer Rolle versehene Hebelende R, das in der in Nr. 2 der Abb. 316 gezeichneten Lage die Weiche verriegelt hält, gegen d, dreht den Winkelhebel und verstellt damit die Weiche, um diese sodann auch in der neuen Stellung wieder unverrückbar zu erhalten. Der Winkelhebel besteht aus zwei Teilen, die durch den Abscherbolzen A zusammengehalten werden. Wird die Weiche aufgeschnitten, so wird A durch den Druck der Weichenstange durchgeschert und der obere Teil des Winkelhebels verdreht sich gegen den unteren; dadurch tritt das obere Bogenstück über die Aussparung i des unteren Winkelhebelstückes (vergl. Abb. 316² mit 316³). Dem Doppelhebel a b R des Weichengestänges ist dadurch

fast die ganze Beweglichkeit geraubt, der Wärter vermag den Weichenhebel nicht umzulegen, erhält also Kenntnis von dem Aufschneiden. Das Fahrsignal kann nicht gezogen werden. Dieser Spitzenverschluß ist gleichzeitig so angeordnet, daß kleine, durch die Wärmeschwankungen hervorgerufene Längenänderungen des Gestänges ohne Einfluß auf die gute Zungenanlage bleiben.

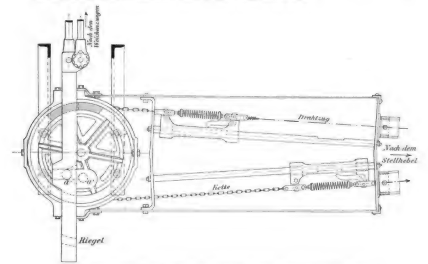
Man ist in Deutschland noch weiter gegangen und hat die Weichenstellvorrichtung verschiedentlich so angeordnet, daß ein Aufschneiden ohne Anwendung von Scherbolzen und dergleichen möglich wird und doch auch der Wärter im Weichenturme in sicherer Weise Kenntnis von dem Vorgange erhält. Bei diesen etwas verwickelteren Einrichtungen werden die beiden Weichenzungen durch den Handhebel nicht gleichzeitig, sondern einzeln nacheinander verlegt, was zugleich den Vorteil geringerer Kraftanstrengung ergibt. Bei Weichenstellung mit Doppeldrahtzug benutzen Siemens & Halske den in Abb. 317 und 318 dargestellten Spitzenverschluß, der eine wirksame Vereinigung der Weichenstellrolle mit einer Riegelrolle bildet. Um die wagerecht liegende Stellrolle ist eine Kette geschlungen, an deren freien Enden die beiden nach dem Stellhebel laufenden Drahtzüge angeschlossen sind. Die Rolle besitzt auf beiden Seiten einen bogenförmigen Ansatz, ähnlich dem in Abb. 314; der obere hiervon ist in Abb. 317 schraffiert und gegen den unteren etwa zur Hälfte versetzt. Oberhalb und unterhalb der Rolle sind durch ihr Gehäuse zwei mit den Weichenzungen verbundene und mit je zwei Ausschnitten versehene Riegelstangen hindurchgeführt. Der bogenförmige Ausschnitt dient zum Verriegeln der Weiche, der gerade zu ihrem Verstellen mittels eines kleinen aus der Mitte jener Rolle versetzten Treibzapfens a bezw. a'. Sobald die Stellrolle durch den Drahtzug gedreht wird, erfolgt zunächst die Entriegelung der Weiche, dann die Umstellung und schließlich die Wiederverriegelung. In Abb. 317 hält der obere Riegel die Weiche fest, der untere stößt gegen seine Riegelstange; in Abb. 318 ist es, entsprechend der anderen Weichenlage, umgekehrt. Wird die Weiche aufgeschnitten, so wird zunächst die an der abliegenden Weichenzunge befestigte Riegelstange, welche nicht verriegelt ist, durch die Räder des aufschneidenden Fahrzeugs bewegt. Hierbei wird durch den Druck auf den Treibzapfen a bezw. a' die Stellrolle gedreht und dadurch die Verriegelung der mit der anliegenden Zunge verbundenen Riegelstange aufgehoben, worauf beide Zungen gemeinschaftlich fortbewegt werden. Durch den gleichzeitig mitbewegten Drahtzug wird eine Änderung am Stellwerkhebel bewirkt, wodurch der Wärter Kenntnis von dem Aufschneiden erhält (vergl. S. 292). Endlich ist auch noch für den Fall eines Drahtbruches eine Sicherung für das feste Anliegen der Weichenzungen getroffen, indem in jede Drahtleitung neben der Riegelrolle eine sogenannte Drahtrißsperre eingeschaltet ist. Reißt in Abb. 317 z. B. der untere Draht, so zieht die gezeichnete Spiralfeder einen kleinen Winkelhebel an, dessen freies Ende in die Nut einer Führungsstange schlägt und sich gegen die Stirnfläche der Nut stemmt, dadurch eine Drehung der Riegelrolle und ein Abklappen der Zunge wirksam verhindernd. Auch für diesen Zweck sind sehr verschiedene Anordnungen erdacht worden.

316. Büssings Spitzenverschluß mit Abscherbolzen.

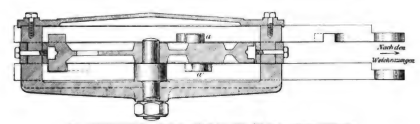
Zwischen einem deutschen und einem englischen oder amerikanischen Stellwerk besteht hiernach ein wesentlicher Gegensatz, der namentlich durch die in Deutschland gestellten hohen Anforderungen an die Aufschneidbarkeit der Weichen, durch die Drahtzugbewegung u. s. w. hervorgerufen ist.

Ausgleichvorrichtungen. Die Weichen- und Signalleitungen werden durch die Wärmeunterschiede länger und kürzer, was das Umlegen der Weichen und Signale unter

Umständen unmöglich macht, mindestens aber das feste Anliegen der Zungen und das genaue Einstellen der Signale gefährden würde. Die größte Entfernung, auf welche eine Weiche durch doppelten Drahtzug vom Stellwerk aus zu stellen ist, ist für die preußischen Staatsbahnen auf 350 m festgesetzt. Bei Signalen kann man weiter gehen und scheut hier nicht Entfernungen selbst bis zu 1200 m. Ein Gestänge oder ein gespannter Draht von 100 m Länge ändert sich bei 1° Wärmeunterschied um rund $1^1/_4$ mm. Wird der größte Wärmeunterschied zwischen einer Winternacht und einem Hochsommertage für die Leitung zu 60° C. angenommen, so ergibt sich für einen 350 m langen Weichenzug eine gesamte Längenveränderung von $1^1/_4 \times 3{,}5 \times 60 = 262$ mm. Das ist schon recht beträchtlich.



317. Weichenstellvorrichtung mit aufschneidbarem Spitzenverschluß und Drahtrißsperre.



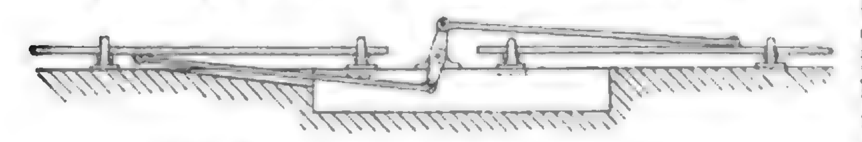
318. Schnitt durch den Spitzenverschluß der Abb. 317 (in vergrößertem Maßstabe).

Bei den ersten englischen Stellwerken waren Schraubenverbindungen in die Leitungen eingeschaltet, durch die Kürzungen oder Längungen vorgenommen werden konnten. Diese Anordnung bedingt aber bei jedem Witterungswechsel die Heranziehung zahlreicher Arbeiter, um die Leitungen schnell auf richtige Länge wieder zu bringen. Diese Ausgleichung von Hand war höchst mangelhaft. Es war nicht ausgeschlossen, daß der Signalwärter einen Hebel umlegte und des Glaubens war, die Weiche richtig gestellt zu haben, während sie in Wirklichkeit kaum oder doch nur teilweise umgelegt war, da ein Teil der Hebelbewegung, wenn nicht die ganze, durch die noch nicht ausgeglichene Verlängerung des Gestänges aufgebraucht wurde. Diese Notlage leitete zur Erfindung der **selbsttätigen Ausgleicher.**

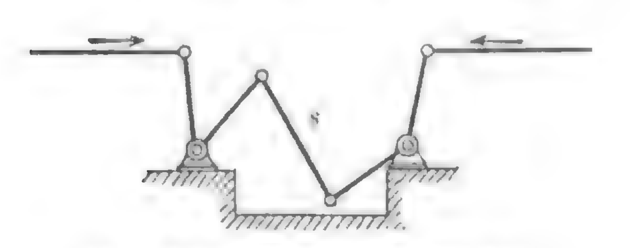
Die Längenänderungen eines **Gestänges** werden durch Doppelhebel, durch storchschnabelartige Gelenkanordnungen und dergl. selbsttätig ausgeglichen, wobei aber die Richtung des Gestänges nicht wesentlich abgelenkt werden darf (vergl. auch Spitzenverschlüsse). Abb. 319 zeigt einen Ausgleicher mit Doppelhebel, bei dem das Gestänge geradlinig geführt bleibt.

Digitized by Google

Die Ausdehnung der einen Leitungshälfte hebt diejenige der anderen auf. In Abb. 320 greift das geteilte Gestänge an zwei Winkelhebeln an, deren freie Enden durch eine Gelenkstange s verbunden sind. Unter den verschiedenen Ausgleichern für Drahtzüge hat sich die in Abb. 300 gezeichnete gut bewährt. Sie ist von Büssing erfunden und wirkt einfach und sicher. Jede der beiden Leitungen wird unterhalb des Stellwerks durch eine mittels Gewichtshebels G beweglich gelagerte Rolle abgelenkt. Je nach der Luftwärme zur Zeit des Einbaues wird der Abstand an dem gebogenen Führungseisen jenes Hebels größer oder kleiner gewählt. Dehnt sich der Draht, so sinkt die Rolle mit dem Gewichtshebel, während sie umgekehrt bei seinem Zusammenziehen sich hebt. Die beiden zu jedem Stellwerkshebel gehörenden Rollenhebel liegen dicht nebeneinander, das Gewicht G ist nur wenige Zentimeter dick. Beim Umlegen des Stellhebels muß nun die Drahtrolle in ihrer Lage verbleiben, was durch 2 Klemmen erreicht wird, die an jedem der Gewichtshebel sitzen und beim Ziehen der Leitung sich fest gegen das bogenförmige Flacheisen legen und dadurch den Hebel festhalten. Nach Umlegung der Weiche hört die Klemmung von selbst auf, die beiden Gewichtshebel können wieder frei spielen und die Wärmeeinflüsse unschädlich machen, so daß die zwei Drähte in der Ruhelage stets gleich straff gespannt sind. Für die Signalleitungen nimmt man häufig ein gleiches Spannwerk. Wo ein Vorsignal mit dem Abschlußmast verbunden ist, steht ersteres mitunter bis 1200 m vom Stellwerk entfernt. Eine solche Drahtlänge erleidet eine recht erhebliche Längenänderung. Für diesen Fall eignet sich die ebenfalls von Büssing zuerst angegebene einfache Ausgleichvorrichtung A der Abb. 315. Die lose Rolle mit Belastungsgewicht wird in jede der beiden Drahtleitungen eingehängt. Beide Rollen sind miteinander verbunden, um wieder ein Anheben oder Senken der Gewichte beim Stellen des Signals zu vermeiden. Ausgleicher für Drahtzüge heißen auch Drahtspanner.



319. Ausgleichvorrichtung durch Doppelhebel.



320. Gelenkausgleicher für Gestänge.

Blockverfahren.

Die Handhabung der vorstehend geschilderten Sicherheitseinrichtungen, insbesondere der Signalhebel, bedarf aber noch eines gewichtigen Schutzmittels, damit die Thätigkeit der Stellwerkswärter in vollem Einklang mit dem Zugmeldedienst steht und nicht etwa mehrere Züge in zu schneller Folge hintereinander ab- oder gleichzeitig in dieselbe Fahrstraße eingelassen werden und aufeinander rennen. Dieses Mittel ist gegeben in dem Blockverfahren, dessen Name von dem englischen to block = sperren herrührt (line blocked = Linie gesperrt oder geblockt). Die hierbei benutzten Blockeinrichtungen legen auf deutschen und vielen anderen Bahnen das Signal am Ein- oder Ausfahrtmaste elektrisch-mechanisch fest. Sie ermöglichen dadurch, bestimmte Gleisstrecken für die Fahrt eines Zuges zu sperren (zu „blocken") und sie nur von einer solchen Stelle aus für die Fahrt frei zu geben (zu „entblocken"), die mit Sicherheit beurteilen kann, ob diese Fahrt erfolgen darf oder nicht. Heutigestags werden sowohl die Zugfahrten innerhalb der Bahnhöfe als auch die Zugfolge auf der Strecke durch dieses Mittel gesichert. Man unterscheidet demgemäß die Stations- und die Streckenblockung. Hierzu treten noch weitere Blocksicherungen für Bahnkreuzungen in Schienenhöhe, für Drehbrücken, Tunnels u. s. w.

In jedem Falle wird die Sicherung durch ein elektrisches Blockwerk ausgeübt, das einen mechanischen Verschluß herstellt, der nur von einem entfernten Orte aus durch dessen Blockwerk elektrisch aufgehoben werden kann. Bringt man also ein Blockwerk mit den Stellhebeln der Signale und Weichen, den Verriegelungshebeln der Drehbrücken u. s. w. in Verbindung, so bewirkt seine Einrichtung, daß der Wärter, wenn er es in Thätigkeit setzt (bedient), seine Stellvorrichtung unverrückbar festlegt. Er kann sie nicht eher wieder bewegen, als bis sie durch das Blockwerk der entfernt liegenden Überwachungsstelle (Stationsbüreau u. s. w.) frei gegeben, also entriegelt ist. Zwei derartige zusammen-

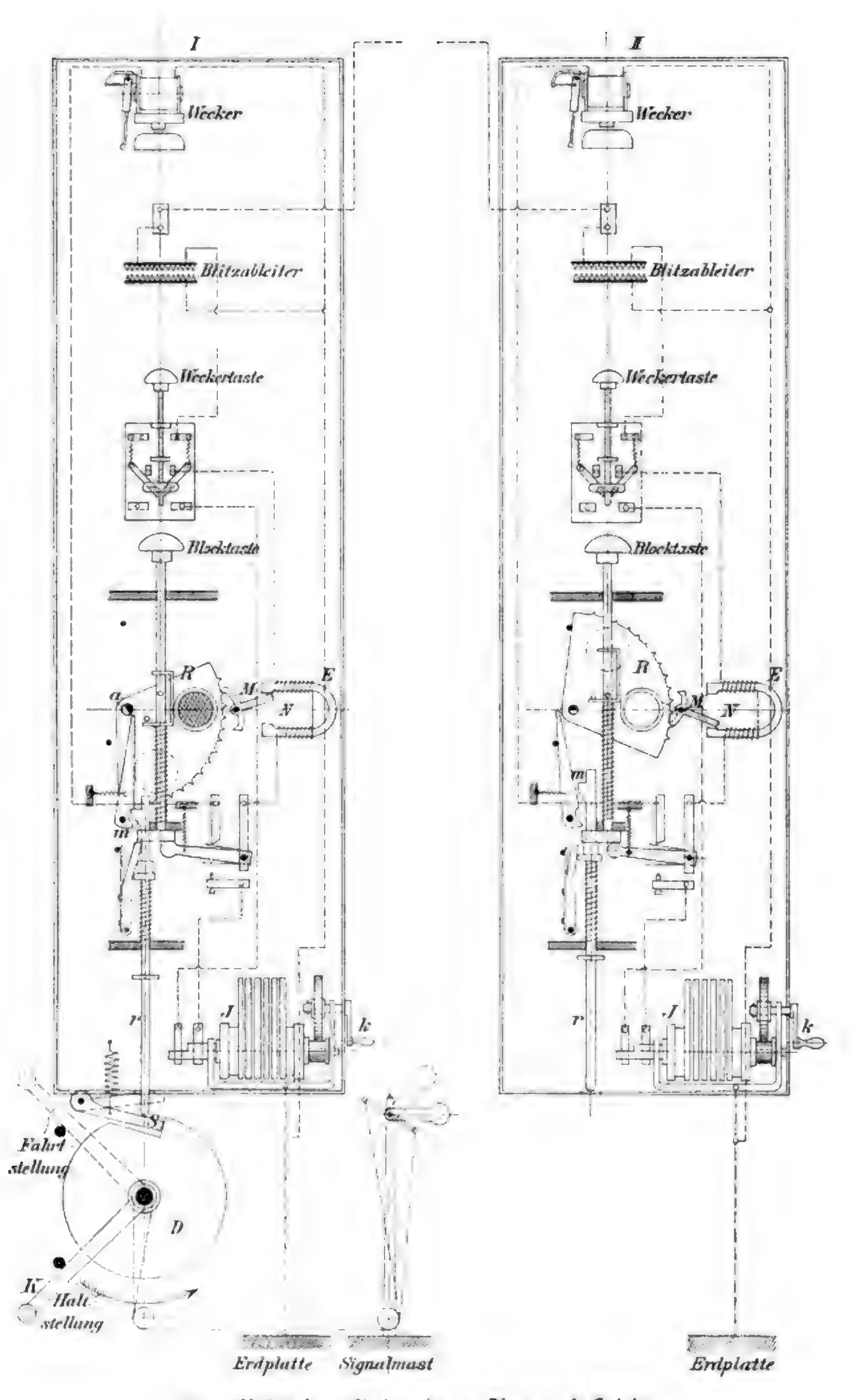
arbeitende Blockwerke sind nun durch Drahtleitung in einen Stromkreis geschaltet, so daß der von einer Stelle entsandte elektrische Strom gleichzeitig auf beide Werke einwirkt.

Auf deutschen Bahnen, auch in Österreich, Holland und anderen Ländern wird ziemlich allgemein das von Siemens & Halske 1871 erfundene Blockwerk verwendet, von dem zur Zeit über 50000 Blockfelder in Benutzung stehen. Ein solches Werk besteht im wesentlichen aus einem gußeisernen Kasten mit einem, zwei oder mehreren Elektromagneten und einem Magnetinduktor oder Stromgeber, der durch eine seitlich sitzende Kurbel bethätigt wird. Vorn zeigt das Gehäuse so viele Glasfensterchen oder Felder, als Elektromagnete im Inneren lagern. Hinter jedem Fenster ist eine rote oder weiße Scheibe sichtbar. Eine weiße Scheibe bedeutet: Die Fahrt ist erlaubt. Rot besagt: Die Fahrt ist verboten. Jedes Feld gilt für diejenige Fahrrichtung, welche durch die darunter befindliche Anschrift und beim Streckenblockwerk durch den angebrachten Pfeil kenntlich gemacht ist. Jede Fahrstrecke wird an ihrem Anfange und Ende durch je ein Feld gesichert. Beide Felder bilden mit ihrer Leitung die „Blockverbindung“. Sie sind so angeordnet, daß bei der Streckenblockung beide Felder in der Grund- oder Ruhestellung (der Zugverkehr ruht) frei sind, also weiß zeigen. Bei der Stationsblockung dagegen ist auch in der Ruhestellung stets das eine Feld gesperrt, das zugehörige andere frei. Nur ein freies Feld ist am Blockwerk „bedienbar“, weil infolge der Bauart seine Blocktaste allein niedergedrückt werden kann. Da die Haltstellung der Signale die Regel, ihre Fahrtstellung die Ausnahme bildet, so zeigen die Felder des Stationsblockwerks in der Ruhestellung „rot“ (Abb. 323), in der Sperre „weiß“. Die beiden Felder einer solchen Blockverbindung zeigen also gleiche Farbe; aber das freie Feld des Stationsblockwerks ist rot, während das freie am Signalblockwerk weiß ist.

Soll ein Blockwerk bedient werden, so muß man die Induktorkurbel k in Abb. 321 einigemal drehen und gleichzeitig die Blocktaste niederdrücken. Dadurch werden von dem Stromgeber J*) elektrische Wechselströme in die Leitung gesandt, so daß beide Elektromagnete E der die Fahrt sichernden Blockfelder I und II beeinflußt werden. Die Anker N dieser Magnete werden daher gleichzeitig abwechselnd angezogen und abgestoßen. Hierbei läßt an dem stromgebenden (bedienten) Blockwerk (I in Abb. 321) ein kleines, an dem Anker N sitzendes Gesperre M einen die weiße und rote Scheibe tragenden Zahnbogen R infolge seines Eigengewichtes nach abwärts fallen und verwandelt dadurch das weiße Feld in ein rotes, während an dem stromempfangenden Blockwerk (II in Abb.) R durch Federdruck sich aufwärts bewegt und rot in weiß umstellt. Gleichzeitig verriegelt der ein Blockwerk bedienende Beamte stets seine Vorrichtung und gibt das Nachbarwerk frei.

Wie wird nun ein Signalhebel durch das Blockwerk verriegelt? Die Blockwerke, die diesem Zwecke dienen, besitzen nach Abb. 321 unten in ihrem Gehäuse eine senkrechte Sperrstange r, die eine abgefederte Klinke S in den Ausschnitt einer auf der Drehachse des Stellhebels K sitzenden Eisenscheibe D drücken kann. Beim Niederpressen der Blocktaste zwecks Blockung der vorgelegenen Strecke schiebt der Wärter zugleich auch die Sperrstange r nieder. Durch die vorsichgehende Verdrehung der Welle a des die rote und weiße Scheibe tragenden Zahnbogens wird diese Stange in ihrer Tieflage bei m gesperrt und der Signalhebel durch sie. Erfolgt dann später die Freigabe seitens der vorgelegenen Strecke, so wird durch die gegenteilige Drehbewegung jenes Zahnbogens die Sperrstange ausgelöst. Eine Feder drückt sie nach oben und hält sie hoch. Der Signalhebel ist wieder frei beweglich, und das Fahrsignal kann gegeben werden. Solange dieses gezogen ist, kann aber

*) Dieser Stromgeber, 1856 erfunden, besteht aus einer Anzahl von Hufeisenmagneten (Abb. 321), zwischen deren Polen ein I förmiger Anker durch die Kurbel K vermittelst eines kleinen Rädervorgeleges in schnelle Umdrehung versetzt wird. In den Kupferdrahtwindungen des Ankers werden hierdurch Wechselströme erzeugt, welche für den Felderwechsel der Blockwerke benutzt werden, während sie für deren Wecker zuvor durch einen Stromwender gleich gerichtet, also in Gleichstrom verwandelt werden. (Letzteres ist auch der Fall bei den Stromgebern der S. 280 genannten Läutewerke.) Durch Niederdrücken der betreffenden Taste wird der Strom in die mit dieser verbundene Leitung geschickt. Man erspart durch diese Einrichtung die unbequeme Batterie und erzielt jederzeit eine gute Wirkung. Sie hat deshalb auch bei den Block- und Läutewerken allgemeine Anwendung gefunden.



321. Einfeldriges Blockwerk von Siemens & Halske.

die Sperrstange und damit die Blocktaste nicht niedergedrückt werden. Eine Freigabe der rückgelegenen Strecke für einen neuen Zug ist folglich auch solange unmöglich. Die Blockwerke der Weichentürme sind an dem Stellwerk angebracht und verriegeln dessen Signal- bezw. Fahrstraßenhebel.

Das Blockwerk besitzt demnach für den Zugbetrieb hervorragend wertvolle Eigenschaften: Es zwingt zum richtigen Handeln, zumal es so eingerichtet ist, daß ein Eingriff des bedienenden Beamten nicht stattfinden kann. Über den Blocktasten sitzen sodann noch die Weckertasten, um mittels der zu oberst angebrachten Weckerglocken auch ein hörbares Signal der Empfangsstation senden zu können. Zur Kennzeichnung der angeschlagenen Glocke trägt jeder Wecker eine Fallscheibe, welche beim Tönen der Glocke sichtbar wird. Blitzableiter*) zum Schutze der Blockwerke und Beamten vervollständigen die Einrichtung.

Stationsblockung.

Alle Signalhebel im Stellwerk (desgleichen die der Signale an Drehbrücken u. s. w.) stehen unter elektrischem Verschluß des Stationsblockwerks. Soll der Stellwärter ein Fahrsignal ziehen, so muß er dazu Auftrag von dem Stationsbeamten erhalten, zu welchem Zweck dieser sein und des Wärters rotes Signalfeld in ein weißes verwandelt, was dem Wärter zugleich hörbar gemacht wird. Solange das Fahrsignal steht, ist eine Änderung der Felderfarbe unmöglich. Erst nachdem der Wärter nach Vorbeifahrt des Zuges das Signal auf „halt“ zurückgelegt hat, kann er beide Felder auf rot zurückstellen, womit er zugleich das Haltsignal verriegelt. Nunmehr wird aber der Stationsbeamte wieder alleiniger Herr über diese Blockverbindung. Den Zugfahrten im Bahnhofsbetrieb u. s. w. wird dadurch eine außerordentlich hohe Sicherheit gegen Zusammenstöße verliehen und zwar auf dreifache Weise: 1. die Signalgebung für die Züge wird völlig abhängig von der für die Ein- und Ausfahrt verantwortlichen Dienststelle (Stationsbüreau), 2. die Weichenlage wird nochmals gesichert, 3. feindliche Signale können niemals frei gegeben werden.

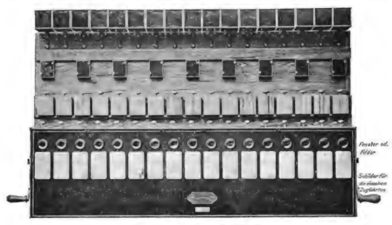
Die Blockfelder werden unterschieden in: Signal-, Fahrstraßen- und Zustimmungsfelder. Signalfelder halten die Signale in der Haltstellung verschlossen und geben sie für die einzelnen Zugfahrten frei. Fahrstraßenfelder machen die Fahrstellung eines frei gegebenen Signals abhängig von der zuvorigen elektrischen Verriegelung der Fahrstraße im eigenen Stellwerkbezirke, um eine vorzeitige Weichenumstellung nach Einziehung des Fahrsignals zu verhindern. Erst wenn der Fahrstraßenhebel durch Bedienung seines Blockfeldes verriegelt ist, kann ein freigegebenes Signal gezogen werden. Zustimmungsfelder machen die Fahrstellung der Signale abhängig von der Festlegung der Weichen in anderen Stellbezirken.

Auf größeren Bahnhöfen, in die verschiedene Linien einmünden, sind meistens mehrere Stellwerke vorhanden. Ihre Handhabung wird hiernach so vom Stationsbüreau aus durch die Blockwerke gesteuert, daß die Einzelwerke sich nicht gegenseitig gefährden können. Hier erhalten die Stationsblockwerke oft recht viele Felder. So zeigt Abb. 322 eine solche Anlage mit 17 Feldern und eben so vielen Magneten, Drucktasten und Weckern. Auf solchem Bahnhofe werden die Bahnsteiggleise oft von Zügen verschiedener Richtung befahren und dieselben Gleiskreuzungen von aus- wie einfahrenden Zügen benutzt. Hier muß zur Erfüllung der obigen Forderung 3) eine besondere Einrichtung am Stationsblockwerk getroffen werden, damit eine solche Gleisausnutzung auch vollständig sicher gestellt wird und der Stationsbeamte nicht etwa zwei Signalhebel nacheinander entsichert, deren Fahrstraßen die Züge in Gefahr bringen, wie beispielsweise auch die gleichzeitige Einfahrt zweier Züge entgegengesetzter Richtung in dasselbe Gleis einer Bahnhofshalle.

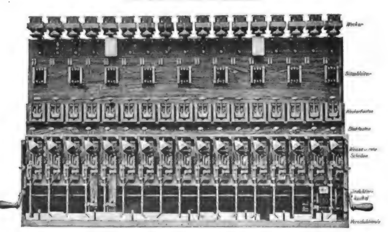
*) Blitzableiter müssen in die Telegraphenleitungen eingeschaltet werden, da letztere Blitzschlägen leicht ausgesetzt sind und der Blitz sie oft viele Kilometer weit durchläuft. Wiederholt sind früher Fälle vorgekommen, wo die Leitungen samt ihren Tragstangen auf längere Strecken hin durch Blitz zerstört wurden, ebenso die angeschlossenen Apparate der Stationen und Wärterbuden, wobei dann häufig Menschen verletzt worden sind (vergl. auch S. 280).

Der Stellwärter würde sonst auch zu Irrtümern betreffs der Wahl der geöffneten Fahrstraße veranlaßt werden.

Selbst wo das Stellwerk schon feindliche Signale ausschließt, ordnet man doch in der Neuzeit das Stationsblockwerk so an, daß es feindliche Signale nicht frei geben kann. Um diese Sicherheit zu schaffen, wird die Freigabe der Blockfelder zwangläufig



322. Stationsblockwerk, geschlossen.



323. Stationsblockwerk, geöffnet.

gestaltet. Das Stationsblockwerk erhält zu dem Zweck in seinem unteren Teile besondere Verschlußschieber oder Sperrlineale mit senkrechten Ausschnitten und schrägen Schlitzen, in welche die nach unten verlängerten Stangen der Blocktasten eingreifen. In der Abb. 323 sind diese Sperrungen ganz unten erkennbar.

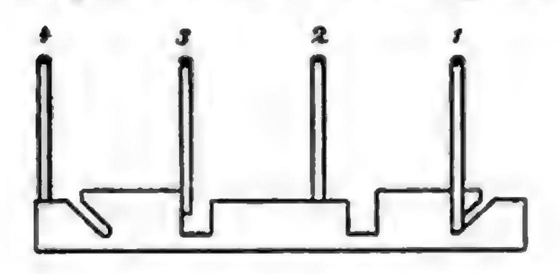
Betrachten wir zur Klarlegung der Wirkungsweise das rechtsseitige Lineal mit seinen vier Blockstangen, hinter denen der Induktor mit seiner Kurbel sichtbar ist. Die vier darüber befindlichen Fensterchen zeigen rot, und in diesem Zustande verhindert

Digitized by Google

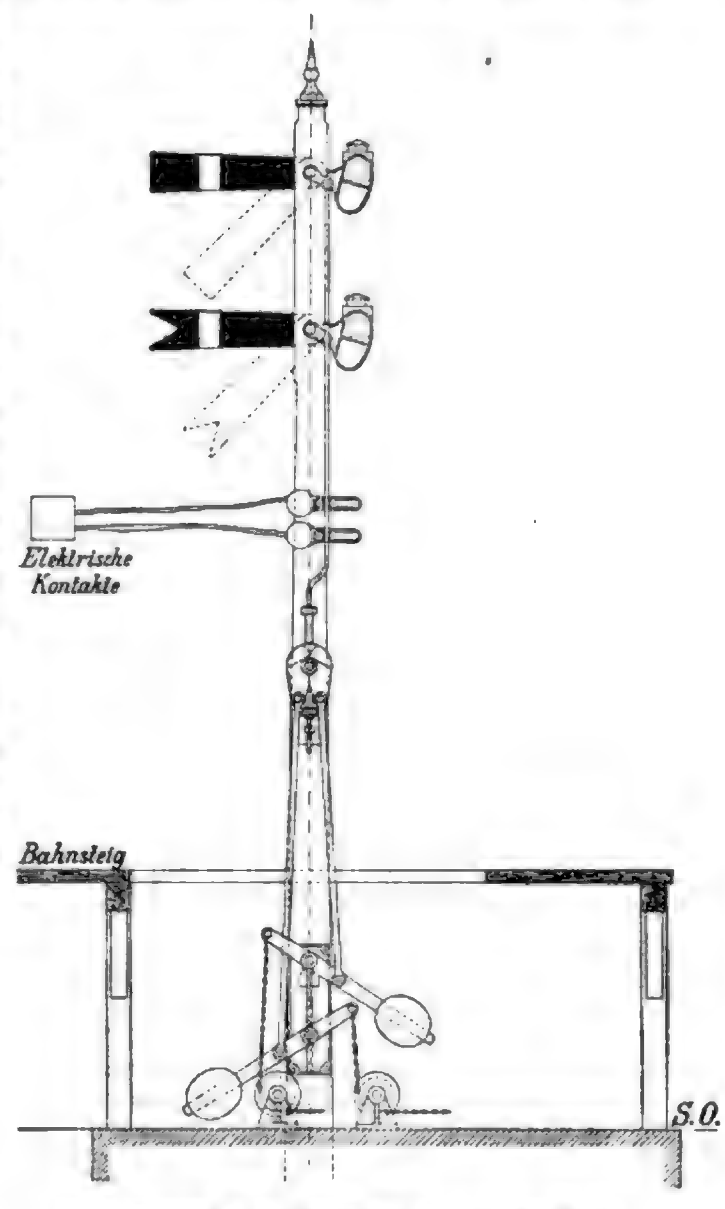
die zweite und dritte Blockstange jede seitliche Verschiebung des Lineals, das erste und vierte Blockfeld kann daher nicht bedient werden.

Wird aber z. B. das zweite Feld (von rechts nach links gezählt) freigegeben, so hebt sich damit selbstthätig die zugehörige Stange aus dem Ausschnitt und das Sperrlineal läßt sich jetzt wegen des Spielraumes an der dritten Stange nach rechts verschieben. Das bedeutet, daß die erste Blockstange durch die Blocktaste niedergedrückt werden kann; sie sinkt in den schrägen Schlitz hinein und verschiebt dadurch das Lineal und zwar so weit, bis die dritte Stange hemmt. Die zweite und vierte Stange ruhen jetzt auf dem Lineal und sind nicht abwärts zu bewegen. Solange also Feld eins weiß zeigt, bleibt Feld vier gesperrt. Diesen Zustand veranschaulicht Abb. 324 noch besonders.

Es sind sonach die einzelnen Blockfelder äußerst sinnreich und dabei doch einfach auf rein mechanischem Wege voneinander abhängig gemacht. Von zwei feindlichen Fahrstraßen kann immer nur eine freigegeben und ihr Signalhebel gezogen werden und zwar auch nur dann, wenn die andere Gleisstraße gesperrt ist. Durch Zurücklegung des Fahrsignals auf „Halt“ und Bedienung des Signalfeldes im Weichenturm wird der Signalhebel wieder verriegelt und gleichzeitig die Sperre der feindlichen Blockfelder am Stationsblockwerk aufgehoben. Ein Irrtum in der Signalgabe auf einem größeren Bahnhofe ist damit völlig ausgeschlossen. Auf die mannigfachen



324. Verschublineal des Stationsblockwerks.



325. Mechanisch verschlossenes Doppelsignal der Londoner Untergrundbahnen.

Sonderanordnungen in der Stationsblockung kann hier nicht eingegangen werden. Die zur Zeit bestehende vollkommenere Einrichtung ist hier angedeutet worden.

Auf Bahnen mit sehr lebhaftem Verkehr oder dichter Stationsfolge hat man auch die Stellwerke der Nachbarstationen in gegenseitige Abhängigkeit voneinander gebracht. Beim Geben eines Fahrsignals muß dann sowohl das Stellwerk der Ausfahr- als auch das der Einfahrstation in Thätigkeit treten.

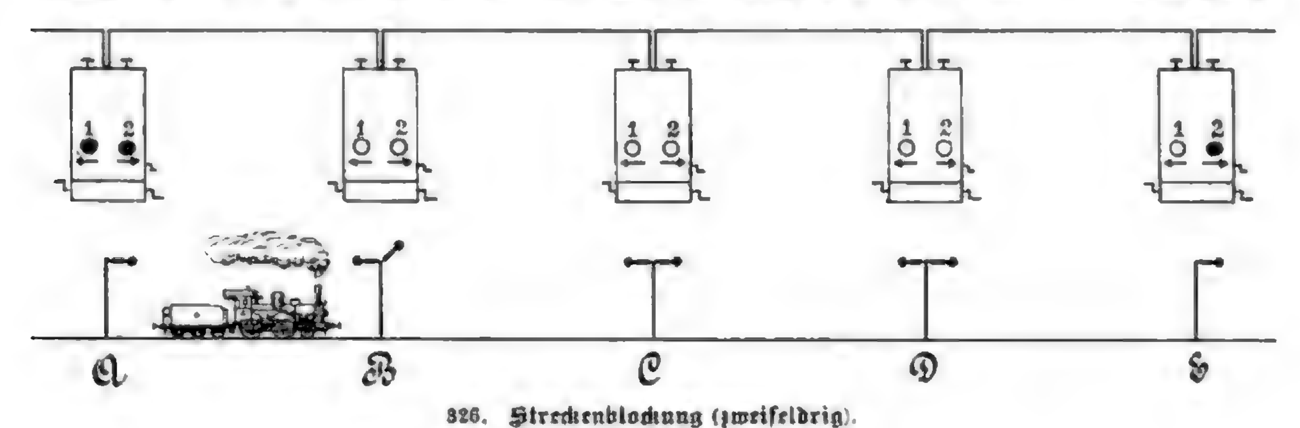
Auf den Londoner Untergrundbahnen (Stationsabstand bis 300 m und Zugfolge bis 2 Minuten herab) wird dieses sehr erfolgreich auf mechanischem Wege erreicht. Nach Abb. 325 liegt in der Stellstange der Signalflügel ein zweiteiliges Schloß, das durch Drahtzug von den beiden benachbarten Stationen — jede eine Hälfte — gestellt wird. Nur wenn beide Schloßteile richtig bethätigt sind, kann das Fahrsignal gegeben werden.

Auf manchen neueren Stadtbahnen wird das Blocken und Freigeben der Stationssignale selbstthätig durch die abfahrenden Züge bewirkt (vergl. Unterpflasterbahn in Budapest).

Das in England allgemein übliche Verfahren, Zugmeldedienst und Weichenstellung im Signalturm zu vereinen, hat seine Vorzüge gegenüber getrennten Dienststellen, jedoch ist das deutsche Zugsicherungsverfahren dem englischen darin überlegen, daß es die Mastensignale stets in die Blockung einbezieht, um sie durch die letztere zu verriegeln bezw. freizugeben. Auf manchen deutschen Bahnhöfen ist übrigens der Zugmeldedienst auch in den Weichenturm verlegt.

Streckenblockung.

Soll auch auf der Strecke der Zugdienst ein völlig gesicherter sein, so dürfen zwischen zwei Nachbarstationen nicht mehrere Züge gleichzeitig sich auf einem Gleise befinden. Für die deutschen Bahnen ist ausdrücklich vorgeschrieben, daß kein Zug von einer Strecke abfahren darf, „solange nicht festgestellt ist, daß der letzte in derselben Richtung vorausgefahrene Zug die nächste Zugfolgestation erreicht hat. Einzeln fahrende Lokomotiven sind hierbei den Zügen gleich zu behandeln“. Auf Linien mit großem Stationsabstande könnten sonach nur wenige Züge täglich fahren, wenn man sich für den Streckendienst mit den durch die Ortschaften bedingten Bahnhofsentfernungen begnügen wollte. Ein lebhafter Verkehr wäre da ausgeschlossen. Aus dieser Erwägung



326. Streckenblockung (zweifeldrig).

ging man in England schon frühzeitig dazu über, längere Strecken durch Mastensignale in Abschnitte — Blocks — zu zerlegen. Jedem Mastensignale war eine Wärterbude für den bedienenden Wärter beigegeben. Nach Vorbeifahrt eines Zuges wurde das Signal auf „Halt“ gestellt. Es mußte eine bestimmte Anzahl von Minuten in dieser Stellung belassen werden, ehe einem nachfolgenden Zuge das Fahrsignal gegeben werden konnte. Dieses Verfahren heißt das Zeitblocksystem oder „Blockung nach Zeitabstand“. Es hat sich später noch in anderen Eisenbahnländern lange Zeit erhalten.

Um das Jahr 1853 führte E. Clark, veranlaßt durch die Mängel dieses Verfahrens, das „absolute“ Blocksystem oder „Blockung nach Raumabstand“, kurz Raum-Blockung genannt, ein. Es gestattete einen erheblich stärkeren Zugverkehr mit erhöhter Sicherheit und ist jetzt das fast allein herrschende. Hier kann man die einzelnen Blockstrecken nach Bedarf sehr klein wählen, so daß die Linie äußerst leistungsfähig wird. Beispielsweise sind sie auf den Londoner Untergrund- und New Yorker Hochbahnen teilweise so nahe aneinander gerückt, daß die Züge alle zwei Minuten mit voller Betriebssicherheit sich auf diesen Strecken folgen können. — Auch hier ist jede Blockstation der Strecke mit einem Signalmast ausgestattet, der für die beiden Fahrtrichtungen zwei Flügel in gleicher Höhe trägt, die für gewöhnlich beide in der Haltstellung sich befinden. Eine Blockstation schließt den einen Gleisabschnitt gegen den anderen gänzlich ab. Sie bildet gleichsam ein Absperrthor für den vorgelegenen Bahnabschnitt, das für jeden ankommenden Zug (durch Geben des Fahrsignals) besonders geöffnet werden muß. In der zu jedem Maste gehörigen Wärterbude sind die nötigen elektrischen Einrichtungen — Glockensignale und Blockwerke — untergebracht.

Die englischen Bahnen verwenden seit Clark Zeiger- oder Nadelapparate für das Blocken. Die Zeiger deuten durch verschiedene Stellungen an, ob die Strecke frei oder besetzt ist. Die Vorrichtungen erfordern ein gut geschultes Personal. Teilweise sind die Nadelwerke auch mit roten und weißen Blockfeldern ausgestattet. Um ihre weitere Ausbildung haben sich namentlich Preece, Spagnoletti und neuerdings Sykes verdient gemacht.

Deutsches Blockverfahren. Es sei nach Abb. 326 eine zweigleisige Bahnstrecke mit den beiden Endstationen A und E gegeben, zwischen die drei Blockstationen B, C und D eingeschaltet sein mögen. Für die Fahrtrichtung von A nach E dient das in dieser Richtung rechts liegende Gleis, für die entgegengesetzte das andere. Beide Stationen, welche je ein Ausfahrtsignal besitzen mögen, sowie die drei Blockstationen sind mit doppelfenstrigen Blockwerken ausgerüstet. Das Fenster oder Feld Nr. 2 dient für die Richtung A—E, das Feld Nr. 1 für diejenige von E nach A. Jedes Feld bezeichnet mit dem zugehörigen Signalflügel für die betreffende Fahrtrichtung den Anfang einer neuen Gleisstrecke. Bei den Streckenblock- oder Zugfolgestationen liegt dieser Anfang am Signalmast (B, C und D), bei den Blockend- oder Zugmeldestationen, das sind solche, auf denen Züge beginnen, endigen, kehren oder überholt werden, liegt er am Ausfahrtsignale (A). Steht eine rote Scheibe vor dem Fenster, so besagt das, daß die vorgelegene Blockstrecke von einem Zuge besetzt, also blockiert oder geblockt ist, während weiß ihr Freisein ankündigt. Wären die Blockstationen B, C, D nicht vorhanden, so dürfte von A aus ein zweiter Zug dem voraufgefahrenen erst folgen, wenn letzterer in E angelangt wäre. Infolge der eingeschobenen Blockstationen kann ein neuer Zug bereits aus A abgelassen werden, wenn der vorhergehende das Blocksignal B passiert hat. Es können also unter Umständen nunmehr gleichzeitig vier Züge auf der Strecke von A nach E sich befinden. Wie wird der Zuglauf nun geregelt und gesichert?

Gesetzt in A stehe ein Zug zur Abfahrt nach E bereit. Sehen wir von den Glockensignalen zunächst ab, so ist der Vorgang folgender: Nachdem den Bahnwärtern zwischen A und E mittels des Läutewerkes die bevorstehende Abfahrt des Zuges durch Station A angezeigt ist, zieht der Beamte in A das Ausfahrtsignal. Hat der mit Schlußsignal versehene Zug die vorgeschriebene Stelle hinter dem Signalmast erreicht, so legt der Wärter das Signal sogleich wieder auf Halt zurück und sichert (deckt) den Zug von hinten, indem er die Blocktaste des Feldes 2 niederdrückt und die Induktorkurbel einigemal dreht. Das bisher weiße Fenster 2 wird dadurch rot gemacht, und gleichzeitig wird das Haltsignal dadurch verriegelt; das letztere ist von besonderer Wichtigkeit; denn die Zurückverwandlung des roten Feldes 2 in Weiß und damit die Entriegelung des Mastensignals in A kann nur durch den Blockwärter B vorgenommen werden und zwar nach Vorschrift erst dann, wenn der Zug an dem Signal in B vorbeigefahren ist. Wärter B deckt dann den Zug wie vorher A, stellt also zunächst sein Signal auf Halt und dann sein Feld 2 auf rot. Indem er aber sein weißes Feld in rot verwandelt, macht er das bis dahin rote Feld in A weiß, was zur Folge hat, daß das auf „Halt“ festgelegte Ausfahrtsignal in A wieder frei wird und gezogen werden kann. B sperrt oder blockt also die vorgelegene Strecke B—C und gibt gleichzeitig den zurückgelegenen Abschnitt B—A frei, „deblockiert“ ihn. Von A aus kann also nun ein neuer Zug in A—B einfahren. B kann selbstverständlich nur dann einem Zuge das Fahrsignal geben, wenn sein Feld 2 weiß ist, er also vorher durch C entblockt war. Ist dieses nicht der Fall, ist Feld 2 in B vielmehr noch rot, so vermag B das Haltsignal an seinem Maste nicht in „Fahrt“ umzustellen. Der Zug muß dann vor dem Signal halten und so lange warten, bis die Blockstrecke B—C durch C freigegeben ist.

In genau gleicher Weise wiederholt sich der Vorgang bei jeder folgenden Blockstation und schließlich auch bei dem Bahnhofe E, auf welchem der Abschlußmast die Stelle des Blocksignalmastes vertritt; desgleichen für die Zugfahrt auf dem anderen Gleise von E nach A. Sind übrigens auf einer Station mehrere Ausfahrtsignale für dasselbe Streckengleis, also denselben Blockabschnitt, vorhanden, so wird die Anordnung so getroffen, daß beim Einziehen eines Fahrsignals auch sämtliche anderen Flügel selbstthätig festgelegt

werden und so lange verschlossen bleiben, bis Freigabe von der vorgelegenen Blockstation erfolgt. Die Einfahrts-Blockfelder (1 in A und 2 in E) sind vom Stationsbüreau abhängig, zeigen somit, solange die Einfahrt gesperrt ist, rot.

Mit dem Farbenwechsel der Fenster hat der Wärter auch hörbare Signale, sogenannte Vorwecksignale, den Nachbarwärtern zu geben. So drückt z. B. der Wärter in A bei Ausfahrt des Zuges nach B die Weckertaste über Feld 2 nieder und dreht gleichzeitig die Induktorkurbel. Sofort nach dem Vorwecken stellt A das Fenster 2 rot ein. Wärter B gibt als Empfangsbescheinigung das hörbare Signal zurück nach A, zieht das Fahrsignal und beobachtet die Strecke. Nach Vorbeifahrt des Zuges weckt er nach C vor, stellt sein Feld 2 auf rot, das in A damit auf weiß. Von C erhält er das Empfangsbescheinigungssignal, desgleichen von A ein solches für die Freigabe der Strecke B—A.

Wird in der Art von jedem Blockbeamten nach Vorschrift verfahren, so ist eine zu schnelle Zugfolge und ein Aufeinanderrennen von zwei Zügen in einem Blockabschnitt unmöglich. Leider ist aber mit der Unachtsamkeit und Vergeßlichkeit mancher Menschen auch hier zu rechnen, und so sind trotz der so trefflich erdachten Blockwerke und des so sinnreich angeordneten Blockverfahrens Unglücksfälle vereinzelt aufgetreten. Es ist z. B. vorgekommen, daß ein Wärter, sagen wir in C der Abb. 326, eingeschlafen war, so daß der Zug infolge des Haltsignals zum Halten vor C gezwungen wurde. Der Wärter, durch die Lokomotivpfeife geweckt, blockierte, um einen Entschuldigungsgrund für sein Haltsignal zu haben, schleunigst die vorgelegene Strecke C—D, machte also sein Feld 2 rot, was mit einer Freigabe der rückwärtigen Strecke C—B verbunden war. Dadurch wurde der Wärter B veranlaßt, einem zweiten Zuge das Fahrsignal zu geben, der auf den vor C haltenden Zug aufrannte.

Im Jahre 1881 haben Siemens & Halske das Blockwerk und das Blockierverfahren mit Erfolg dahin verbessert, daß derartige, durch Unaufmerksamkeit der Wärter veranlaßte Unglücksfälle nicht mehr möglich sind. Der Blockwärter kann bei dieser neueren Einrichtung nicht ohne weiteres über das weiße Feld 2 verfügen, wenn dieses durch die vorgelegene Station bei ihm eingestellt wird, sondern er ist gezwungen, zuvor das Haltsignal auf „Fahrt" zu stellen, und dann den gezogenen Flügel wieder auf „Halt" zurückzulegen. Erst dann kann er an seinem Blockwerk die weiße Scheibe in rot verwandeln, also vorwärts die Strecke sperren, rückwärts die andere freigeben. Wollte hier ein Wärter sich blockieren, wenn sein Signal bei weißem Felde auf „Halt" steht, so müßte er dieses zuvor auf „Fahrt" und dann wieder auf „Halt" legen. Eine derartige Flügelbewegung würde aber von dem Zug- und Lokomotivpersonal bemerkt werden, das dann von dem Wärter die nötige Aufklärung verlangen würde.

Nur durch böswillige oder völlig überflüssige Bewegungen des Signalhebels kann sonach ein Blockwärter einen Zusammenstoß auf der Strecke herbeiführen. Um auch hiergegen gesichert zu sein, finden (schon an zahlreichen Stellen) sogenannte elektrische Druckknopfsperren Verwendung. Sie hindern so lange ein Niederdrücken der Blocktaste und damit ein Bewegen des Signalhebels, bis der Zug selbst durch Befahren eines Schienenkontaktes die Sperre elektrisch auslöst. Die Betriebssicherheit ist demnach eine sehr große und nur getrübt, wenn auch das Lokomotivpersonal es an der erforderlichen Aufmerksamkeit fehlen läßt oder die Blockvorrichtung versagt.

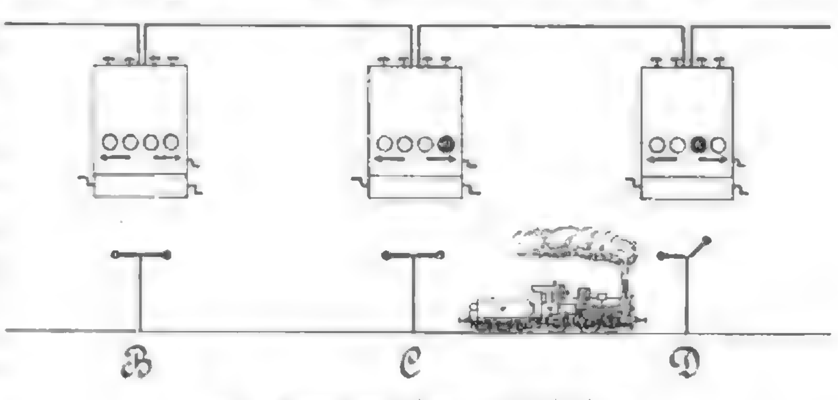
Für Linien mit besonders schneller Zugfolge haben neuerdings Siemens & Halske ein noch weiter verbessertes Blockverfahren erdacht, das auf einigen Bahnen sich bereits gut bewährt hat. Hierbei werden auf den Blockstationen statt der vorerörterten zweifenstrigen Blockwerke solche mit vier Feldern verwendet. Zu jeder Fahrtrichtung gehören zwei Felder des Blockwerks, eins für die vorgelegene, das andere für die rückgelegene Strecke. Beide Endfelder einer Blockstrecke aber werden hier durch den Wärter übereinstimmend in der Farbe gehalten, so daß ein von einem Zuge besetzter Blockabschnitt an seinen beiden Enden rote Felder zeigt; ein freier weiße. Hier kann also der Wärter sofort sehen, ob seine rückgelegene Strecke besetzt ist oder nicht. Die Blocktasten sind bei dieser Einrichtung paarweise gekuppelt, infolgedessen stellt der Wärter z. B. C in Abb. 327, falls ein Zug in den Abschnitt C—D eingefahren ist, die beiden zu C—D gehörigen Felder

in C und D auf rot (in der Abbildung durch Schwarz angedeutet), dagegen die beiden zu C und B gehörigen auf weiß. Die vierteiligen Blockwerke stellen sich natürlich teurer in der Beschaffung als die älteren zweifenstrigen. Allerdings ist zu beachten, daß bei Strecken mit regem Verkehr die reinen Streckenblockstationen, welche vier anstatt zwei Felder gebrauchen, nicht so zahlreich sind, und für Endstationen, sowie Stationen mit Überholungsgleisen, Abzweigungen und dergleichen sich die Zahl der Blockfelder nicht erhöht.

Auf den preußischen Staatsbahnen z. B. werden sie vorläufig nur auf besonders stark belasteten Linien eingeführt. Die Berliner Stadtbahn und die Wannseebahn (Berlin-Potsdam) sind mit ihr ausgerüstet. Diese beiden Bahnen erfreuen sich in Deutschland des stärksten Zugverkehrs. Hier ist gleichzeitig noch eine weitere Verbesserung getroffen, die das ganze Verfahren zwangsläufig gestaltet, so daß etwaige Vergeßlichkeiten oder Unachtsamkeiten der Wärter ohne nachteilige Folgen bleiben.

Wie oben erklärt, wird der Eintritt eines Zuges in einen Blockabschnitt erst dann möglich, wenn der vorhergehende Zug diese Strecke verlassen hat und durch das elektrisch verriegelte Haltsignal am vorderen Ende dieser Strecke bereits gedeckt worden ist.

Für die Ausgangsstation eines Zuges ist aber der Fall denkbar, daß bei der Abfahrt der Züge von demselben Bahnsteig aus ein Umlegen von Weichen, welche mit dem Ausfahrtsignal in Abhängigkeit gebracht sind, nicht notwendig ist. Folgen sich nun zwei Züge schnell hintereinander, so ist es nicht ausgeschlossen, daß, weil der Wärter nicht sofort die Strecke blockt, das Ausfahrtsignal hinter dem ersten Zuge in der Fahrstellung kurze Zeit belassen wird. Dann kann aber der zweite Zug schon abfahren, ehe der erste die nächstgelegene Blockstation passiert hat. Ein Auffahren des zweiten Zuges auf den ersten ist also möglich. Diese Gefahr läßt sich vermeiden, wenn das Ausfahrtsignal durch den Zug selbst auf „Halt" zurückgelegt wird. Siemens & Halske haben vor kurzem in trefflicher, dabei einfacher Weise diesen Gedanken verwirklicht. An einer geeigneten Stelle im Gleis wird ein Schienenkontakt eingebaut und mit dem Mastensignal in Verbindung gebracht. Durch das Überfahren der Lokomotivräder wird der Kontakt in Thätigkeit gesetzt, der Flügel am Mast ausgelöst und auf „Halt" gestellt. Soll ein zweiter Zug abgelassen werden, so muß das Fahrsignal gegeben werden. Der Signalhebel liegt aber trotz des Haltsignals noch in der Fahrtstellung. Der Wärter muß ihn also zunächst auf „Halt" zurücklegen. Sobald er aber das thut, verriegelt er infolge der vorhandenen Abhängigkeiten diesen Hebel und kann ihn nicht eher auf „Fahrt" legen, als bis die nächste vorgelegene Blockstation ihn freigegeben hat.



327. Streckenblockung (vierfeldrig).

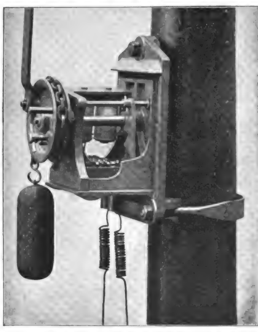
Die Auslösevorrichtung des Signalflügels wird durch den Schienenkontakt elektrisch bewirkt. Zu dem Zwecke ist in die Stellvorrichtung des Flügels ein Mitnehmerhebel (h in Abb. 329) eingeschaltet. Solange dieser Hebel durch elektrischen Strom in einem Punkte festgehalten wird, kann der Flügel auf Fahrt gelegt werden. Wird der elektrische Strom unterbrochen, so ist der Wärter nicht im stande, das Signal auf „Fahrt" zu stellen, und ein etwa auf „Fahrt" zeigender Flügel geht sofort auf „Halt" zurück.

Der elektrische Strom wird durch eine besondere Drahtleitung nach der Auslösevorrichtung des Mastes (Abb. 328) geleitet. Mit Hilfe eines Elektromagneten wird hier das eine Ende des Hebels h festgehalten, solange der Magnet seinen Anker festhält. Wird der Strom durch den Schienenkontakt oder sonstwie unterbrochen, so hört der Magnetismus auf und ein Gegengewicht zieht den Flügel auf „Halt". Man kann in

diese Leitung an beliebiger Stelle Ausschalter legen, so daß der Stationsbeamte erforderlichenfalls ohne Zeitverlust ein Fahrsignal wieder einziehen kann.

Auch die Auslösevorrichtung kann abseits vom Signalmast aufgestellt werden; so ist sie auf der Berliner Stadtbahn mehrfach an der Wand des Stationsgebäudes angebracht, während das Ausfahrtsignal weiter vorgeschoben ist. Abb. 329a zeigt den gewöhnlichen Zustand eines solchen Mastensignals bei Haltstellung des Hebels, Abb. 329b den bei Fahrtstellung, während Abb. 329c die Haltstellung zeigt, nachdem durch den Zug oder Stationsbeamten der Strom unterbrochen, der Signalhebel jedoch noch nicht wieder auf „Halt“ gelegt ist.

Die erwähnten Schienenkontakte werden am zweckmäßigsten in der gleichfalls von Siemens & Halske vorgeschlagenen Form mit Quecksilberfüllung verwendet.



328. Elektrische Auslösevorrichtung von Siemens & Halske.

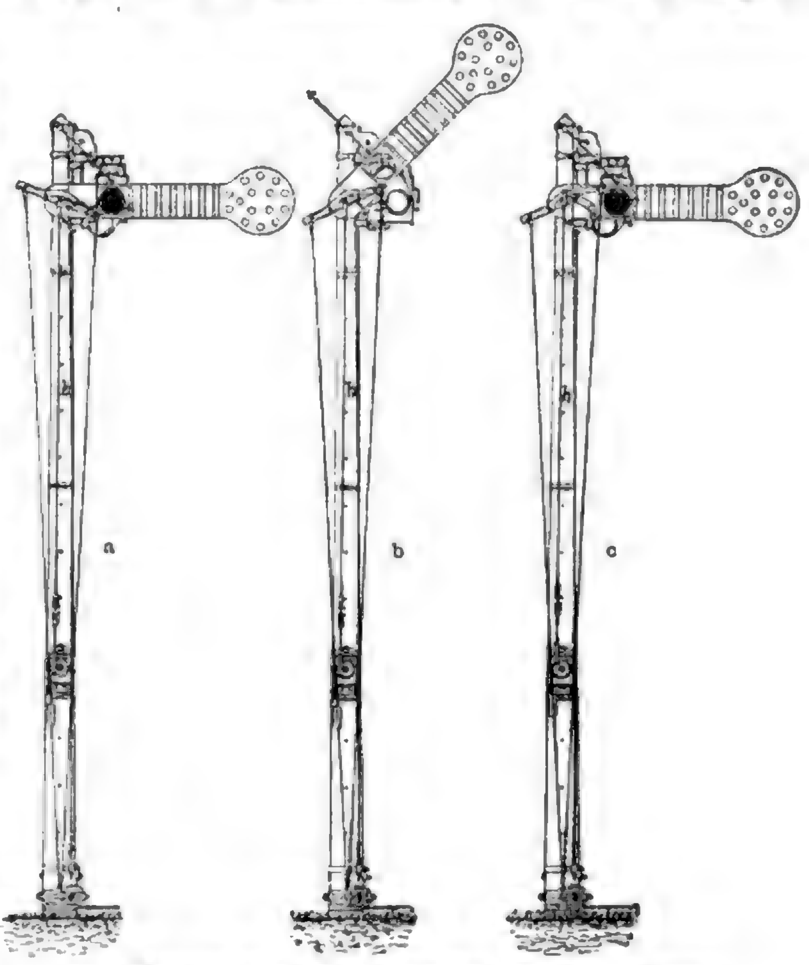
Erwähnt sei noch, daß auf der Berliner Stadtbahn auch die Stationen als Blockstrecken behandelt werden, indem die Ein- und Ausfahrtsignale als Blocksignale angeordnet sind. Der Abschnitt zwischen zwei Stationen, vom Ausfahrtsignal der einen bis zum Einfahrtsignal der vorgelegenen Station ist durch Zwischenblocks in mehrere Blockstrecken zerlegt. Die schnellste Zugfolge kann auf die Weise bis zu drei Minuten herabgezogen werden, es können also auch hier die Züge sich fast so dicht aufeinander folgen, wie es auf den vielbewunderten Londoner Untergrundbahnen der Fall ist. Thatsächlich betrug der Verkehr auf der viergleisigen Berliner Stadtbahn im Ausstellungsjahre 1896 im Stadtverkehr 498 Züge täglich, und im Vorort- und Fernverkehr 108, zusammen also 606 Züge*). Es wurden damals auf jedem der beiden Gleise in den Stunden des lebhaftesten Verkehrs 18 Züge stündlich in jeder Fahrtrichtung befördert. Es zeigte sich allerdings, daß ein solcher Verkehr auf die Dauer schwer durchführbar ist. Das Publikum ist dort nicht allgemein gewöhnt, in wenigen Sekunden ein- und auszusteigen. Ein kurzer Stationsaufenthalt der Züge ist aber Vorbedingung für eine so schnelle Zugfolge.

Auch auf den verkehrsreichen New Yorker Hochbahnen steht ein solches Signalverfahren (Anordnung von Hall) in Anwendung.

*) Die doppelte Zahl von Zügen wird im gewöhnlichen Verkehr auf dem viergleisigen Ostabschnitt der Londoner Untergrundbahnen bewältigt. So wird die unterirdische, räumlich sehr eng bemessene Station King's Croß in 24 Stunden auf den zwei Innengleisen von 552 und auf den zwei Gleisen der „Widened Lines“ von 654 Zügen befahren, das sind zusammen 1206 Züge.

Digitized by Google

Im Gegensatze zu dem eben erörterten Sicherungsverfahren, das zur Zeit wohl das Beste darstellt, was auf diesem Gebiete sich hat erreichen lassen, sei hier noch kurz einer Einrichtung gedacht, wie sie auf schwach befahrenen eingleisigen Strecken englischer Bahnen in Benutzung steht. Sie zeichnet sich ebenfalls durch große Sicherheit für den Zuglauf aus. Statt der kostspieligen Blockwerke wird hier ein einfacher Metallstab von 30—40 cm Länge benutzt. Für jede durch zwei Stationen begrenzte Strecke ist nur ein solcher, deutlich bezeichneter „Zugstab" (train staff) vorhanden. Wird die Strecke nicht befahren, so liegt der Stab in einer der beiden Signalbuden jener Strecke. Ohne ihn darf kein Lokomotivführer abfahren und der Signalwärter wiederum darf einem Zuge nur dann das Ausfahrtsignal geben, wenn er sich zuvor überzeugt hat, daß der Führer im Besitze des Stabes ist. Da nur ein Stab vorhanden ist, so können niemals zwei Züge gleichzeitig auf dieser Bahnstrecke sein; Zusammenstöße sind also nicht möglich. Natürlich ist ein solches Verfahren nur auf Bahnen mit wenigen Zügen möglich. Es bildet somit einen Gegensatz zu dem vorhin beschriebenen der Berliner Stadtbahnen.



329. Ausfahrtsignal mit elektrischer Auslösevorrichtung.

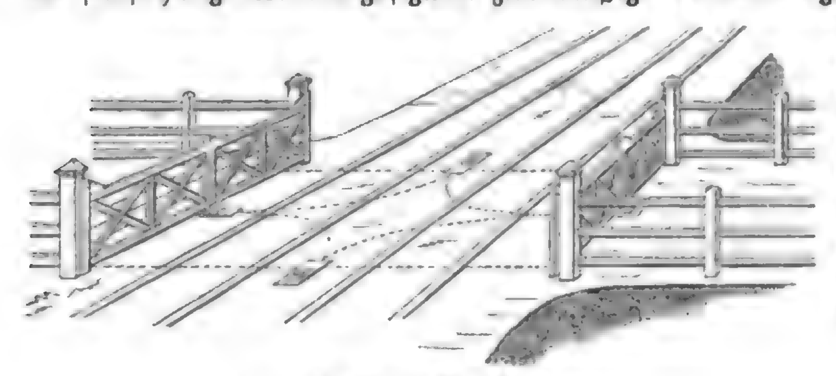
Sicherung der Schienenübergänge.

Zum Schlusse sei noch der Sicherung der in Schienenhöhe liegenden Wegübergänge gedacht. In England sind solche selten und bedürfen besonderer behördlicher Erlaubnis zu ihrer Anlage. Die meisten Wege sind deshalb mittels Brücke über die Bahn geführt, in den Auftragsstellen unter ihr her. Die dadurch mit bedingten höheren Anlagekosten jener Bahnen werden durch die größere Sicherheit und geringere Zahl von Unglücksfällen reichlich aufgewogen. Wo Schienenübergänge vorkommen, müssen sie besonders durch Schranken und Mastensignale gesichert sein, und zwar derart, daß das Fahrsignal nur bei geschlossener Schranke gezogen werden kann. Offene Schranken halten das Signal auf „Halt" verriegelt. Die geschlossenen Schranken (Abb. 330) werden nach Barry, Railway Appliances, in ihrer Lage durch Daumen gesichert, welche aus einem in die Erde gelassenen eisernen Kasten hervortreten (Abb. 331). Vielfach sind die Thorschranken so gebaut, daß sie bei „Fahrt" die Zugangswege, bei „Halt" die Gleise absperren. Um den Fußgängerverkehr nicht zu sehr zu hindern, sind an belebteren Wegen Drehkreuze neben die Schranken gesetzt, welche vom Wärter ent- und verriegelt werden.

In Deutschland bilden Wegübergänge in Schienenhöhe die Regel. Unglücksfälle durch Überfahren von Fuhrwerken (bei offenen Schranken) sind leider keine zu große Seltenheit. Nach deutscher Vorschrift sollen die Schranken drei Minuten vor Ankunft eines Zuges geschlossen werden. Das auf S. 280 genannte Läutewerk zeigt zwar dem Streckenpersonale das bevorstehende Nahen des Zuges an, aber bei langen Strecken trifft das Läutesignal bei dem weiter vorgelegenen Wärter zu früh für das Schließen der

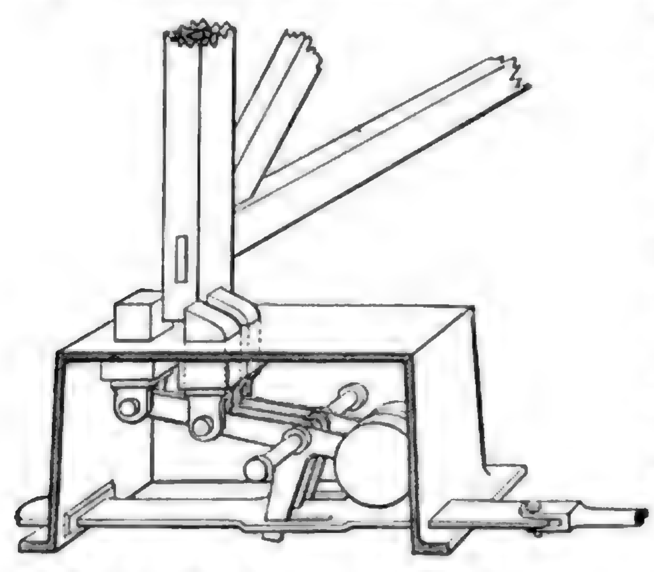
Schranken ein. Um nun stark begangene und befahrene Übergänge nicht zu früh und damit zu lange durch den dazu stets geneigten Wärter schließen zu lassen, stellt man an solchen Stellen besondere Läutewerke auf, die etwa drei Minuten vor Ankunft des Zuges selbstthätig durch diesen mittels Schienenkontaktes ausgelöst und zum Schlagen gebracht werden. Auch für Tunnelstrecken wird diese Einrichtung wohl getroffen, um die hier beschäftigten Arbeiter rechtzeitig zu warnen.

Ebenfalls an unbewachten Wegübergängen der Nebenbahnen finden die Läutewerke als selbstthätige Warnungssignale zweckmäßige Verwendung. Beiderseits des Überganges liegt in angemessenem Abstande davon je ein Schienenkontakt (für jede Fahrrichtung einer) zum Ingangsetzen des Signals durch den Zug, während neben dem Übergang ein dritter Kontakt das Signal wieder außer Thätigkeit setzt.


330. Englischer Gleisübergang.

In Verbindung mit diesen Kontakten steht ein auf einer Nachbarstation aufgestelltes Schaltwerk mit Gewichtsaufzug. Es wird von jedem durch den Zug bethätigten Schienenkontakt mittels Batteriestroms ausgelöst und ist so gebaut, daß es sich nach einer gewissen Drehung seiner Kontakträder selbstthätig wieder still setzt. Durch diese Drehung erfolgt das Ein- und Ausschalten des Läutewerks, dessen Glocke im ersteren Falle so lange ertönt, bis der Zug den Übergang, also die Gefahrstelle, erreicht hat, gleichgültig, wie lange Zeit bis dahin vergangen ist. Letzteres ist ein wesentlicher Vorzug dieser Einrichtung.

Der Leser wird aus vorstehenden Andeutungen erkennen, wie vielseitig die in den letzten Jahrzehnten ersonnenen Mittel zur Erhöhung der Betriebssicherheit auf den Eisenbahnen sind. Eine Unsumme von Denkarbeit und Scharfsinn ist geleistet worden, um die menschlichen Schwächen aus dem Signal- und Weichendienste möglichst auszuschalten und die Strecke sowie vor allem die Bahnhöfe, die Hauptquelle aller Eisenbahnunfälle, zu sicheren Fahrstraßen für die Züge zu gestalten. Werden die rechten Mittel am rechten Orte verwendet und werden sie durch richtig geschulte und genügend zahlreiche Beamte scharf auf ihre ständige Brauchbarkeit überwacht und geprüft, so lassen sich die Gefahren des Eisenbahnbetriebes ganz erheblich einschränken. Leider ist der Kostenpunkt oftmals ein zu schwerer Hemmschuh. Aber auch Vater Usus und Mutter Schema, um mit Max Maria von Weber zu reden, bilden mitunter ein Hindernis für zweckmäßige Neuerungen und Verbesserungen, sind die Eltern manches Rückschrittes. Auf diesem Gebiete ist aber schon Stillstand besonders arger Rückschritt.


331. Englisches Sperrwerk für Wegschranken.

Unglücksfälle, wie sie noch vor kurzem infolge falscher Weichenstellung beim Einlaufen eines Schnellzuges in eine Überholungsstation, in der ein Güterzug auf einem Nebengleise die Durchfahrt des ersteren abwartete, vorgekommen sind, müßten durch ausgiebigste Anwendung der Stellwerke und aller sonstigen bewährten Sicherheitseinrichtungen im 20. Jahrhundert zu den Unmöglichkeiten gehören. Die Technik hat die Mittel dazu bereits geliefert.

Zugdienst und Fahrgeschwindigkeit.

In allen Eisenbahnländern bestehen verschiedene Wagenklassen. In Norddeutschland gibt es deren vier, in Süddeutschland und den meisten anderen Ländern drei, während wiederum einige englische Bahnen nur zwei Klassen (erste und dritte) aufweisen. Das demokratische Amerika hat ebenfalls drei Klassen, die zwar nicht ausgesprochen als solche bestehen, aber doch thatsächlich in Benutzung sind. Die erste Klasse wird hier durch die Luxuswagen gebildet, dann folgt die zweite Klasse (äußerlich wohl als erste bezeichnet), während die dritte Klasse durch die sogenannten Emigrantenwagen gebildet wird. Überall hat man Raucher- und Nichtraucherwagen, bezw. Abteile. Die englischen, noch mehr die amerikanischen Rauchwagen fallen häufig durch ihre Unsauberkeit auf.

Man unterscheidet Schnellzüge und gewöhnliche Personenzüge. In England werden als erstere Züge mit wenigstens 64 km durchschnittlicher Stundengeschwindigkeit angesehen. In anderen Ländern liegt die Grenze vielfach tiefer. Neben dieser Geschwindigkeit kommt noch die höchste Fahrgeschwindikeit in Frage, die ein Zug zwischen zwei Stationen erreicht.

In Amerika und England ist die höchste Fahrgeschwindigkeit nicht gesetzlich begrenzt. In Deutschland besteht die Vorschrift, daß die Züge eine Geschwindigkeit von höchstens 90 km in der Stunde erreichen dürfen. In Frankreich liegt der Höchstwert nach gesetzlicher Vorschrift bei 120 km/St.

Von der Fahrgeschwindigkeit zu unterscheiden ist die Reisegeschwindigkeit, d. i. die auf die Stunde bezogene durchschnittliche Reisedauer eines Zuges einschließlich aller Aufenthalte auf den Zwischenstationen. Auf sie sind mannigfache Umstände von Einfluß. Die Geländebildung — bergig, hügelig oder eben — die größere oder geringere Zahl von Ortschaften, namentlich die großen Städte, die von der Bahn berührt werden, die Stärke des Handels, Verkehrs und der Industrie in dem betreffenden Gebiete, die Mitführung von Bahnpostwagen, sowie die Lebensgewohnheiten eines Volkes überhaupt — bedingen größere oder geringere Zuggeschwindigkeiten und Zugfolge. England und der dichtbevölkerte Osten der Vereinigten Staaten zeigen darin die höchst entwickelten Verhältnisse, desgleichen der Westen und einige andere Bezirke Deutschlands (Sachsen). England ist dazu von der Natur ungemein bevorzugt. Die reich gegliederten Küsten seiner verhältnismäßig wenig ausgedehnten Bodenfläche, seine zahlreichen, oft nahe gelegenen volkreichen Städte, sein blühender Handel, ein vielseitig gestaltetes überaus reges Gewerbsleben und sein großer wertvoller, den Warenaustausch so stark beeinflussender Kolonialbesitz mußten bei einem so unternehmungslustigen, nach materiellem Gewinn besonders lebhaft strebenden, dabei kapitalkräftigen Volke die Eisenbahnen zu großer Blüte bringen. Darum sehen wir dort auch einen so ungemein regen, hoch entwickelten Bahnverkehr, der in der Welt seinesgleichen sucht und wohl nur im rheinisch-westfälischen Kohlenrevier bezüglich des Güterzugdienstes erreicht, im Personenverkehr nur von den New Yorker Hochbahnen (S. 369) übertroffen wird. „Zeit ist Geld“, dieses Sprichwort beherrscht das ganze englische Leben und vor allem auch das dortige Eisenbahnwesen.

Um die durchgehenden Schnellzüge von unnötigem Aufenthalte auf Stationen frei zu halten, hat man drüben verschiedene, bei uns nicht gebräuchliche Einrichtungen. Dahin gehören zunächst die besonderen Postzüge, die von London ausgehen und den Postdienst vermitteln. An Zwischenstationen wird von ihnen nicht gehalten. Besondere Fangvorrichtungen auf ihnen ermöglichen das Abgeben und Aufnehmen der Postsäcke während der Fahrt. Dieses ist auch der Fall bei denjenigen Postwagen, die in einem Teile der englischen Schnellzüge laufen. Dadurch sind letztere wesentlich günstiger gestellt als bei uns, wo jeder Schnellzug zur Mitnahme eines Postwagens gesetzlich verpflichtet ist und durch die Ladegeschäfte desselben auf den Haltestationen oft einen längeren Aufenthalt erleidet, als ohne diese erforderlich wäre. Auch in Amerika bestehen auf einzelnen Linien

ähnliche Fangeinrichtungen, desgleichen besondere Postzüge. Aus letzteren sind die seit dem Jahre 1899 mit beschleunigter Fahrt zwischen New York und San Francisco verkehrenden Überlandzüge hervorzuheben. Sie durcheilen die rund 5500 km lange Riesenstrecke in nur 98 bis 100 Stunden, wobei sie auf der 2800 km langen Gebirgsstrecke Omaha-Sacramento vier Wasserscheiden zu ersteigen haben und zwar die Felsengebirge in 2518 m Höhe, die Wahsatchberge in 2388 m, die Humboldtberge in 1875 m und die Sierra Nevada in 2140 m. Besonders lange, steile Rampen, die nach S. 106 bis 22‰ vorkommen, werden mit zwei, selbst drei Lokomotiven genommen. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt stellenweise 125 km in der Stunde, soll aber auf kürzeren Strecken wiederholt noch erheblich größer gewesen sein. Die heutigen Bahnpostwagen kamen in Amerika 1862 auf; bis dahin waren die Postsachen in einem Abteil der Gepäckwagen befördert worden. Mit dem Anschwellen des Briefverkehrs wuchsen die Schwierigkeiten des Sortierens der Postsachen während der Fahrt. Eigene Wagen wurden nötig.

In Deutschland wurde die Bahnpost bereits vor 50 Jahren eingeführt und zwar am 1. Mai 1849 in Preußen. Sie war allerdings noch etwas eigentümlicher Art; denn die Beförderung der Postsachen erfolgte in den gewöhnlichen Postkarren, die zu dem Zweck auf dazu besonders hergerichtete Eisenbahnwagen verladen und auf ihnen versandt wurden. Nach wenigen Jahren zwangen auch hier die Verhältnisse die dem Eisenbahnwesen anfangs sehr kühl und ablehnend gegenüberstehende Postverwaltung zu einer durchgreifenden Änderung. Besondere Bahnpostwagen wurden in die Züge gestellt, um die auf den einzelnen Stationen die Postsendungen aufnehmen und abgeben sowie während der Zugfahrt sie für die einzelnen Bestimmungsorte sichten zu können. Auch diese Bahnpostwagen haben im Laufe der Jahre eine Wandlung zum Besseren durchgemacht, sowohl was Raum und Gangart, als auch innere Einrichtung und Beleuchtung (S. 253) betrifft. Jetzt laufen in Deutschland über 2000 besondere Postwagen in den Zügen, von denen auf Preußen 1600 entfallen. Außerdem sind zahlreiche Gepäckwagen auch für Postzwecke eingerichtet. Nicht weniger als 5800 Beamte sind allein im norddeutschen Bahnpostdienst thätig.

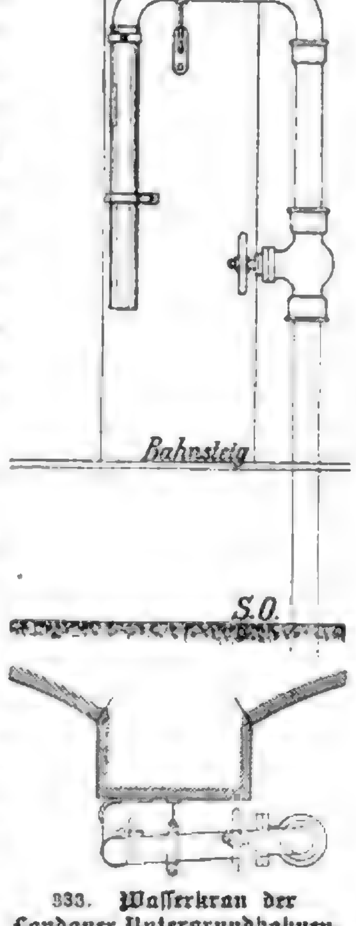
182. Wasserkran der preußischen Staatsbahnen.

Eine andere für die Reisegeschwindigkeit wichtige Einrichtung ist das Wassernehmen während der Fahrt. Das Durchfahren langer Strecken ist durch den Wasservorrat begrenzt, den die Lokomotiven in dem Tender mitführen. Anfangs baute man diese klein, steigerte dann ihren Wasserinhalt auf 8 cbm, später auch 10—12 cbm, um seit den 90er Jahren auf 15, selbst 18 cbm und vereinzelt in Amerika noch höher hinaufzugehen. Eine Schnellzuglokomotive gebraucht vor dem Zuge, je nach dessen Gewicht, Geschwindigkeit und den Witterungsverhältnissen stündlich etwa 7—14 cbm Wasser. Ein Kilogramm Kohle verdampft 6—8 kg Wasser. Die Tender fassen gewöhnlich 4000—6000 kg Kohlen (Tenderlokomotiven führen wesentlich kleinere Wasser- und Kohlenmengen mit sich). Man erkennt, daß die Größe des mitgeführten Wasservorrates in erster Linie die Fahrtlänge begrenzt. Geht er auf die Neige, so muß er ergänzt werden. Meistens sind die betreffenden Haltestationen zu dem Zwecke mit Hochbehältern ausgerüstet, in die ein Pumpwerk oder ein natürliches Gefälle

Digitized by Google

das Wasser schafft und auf Vorrat hält (Wasserstation). Von ihm läuft eine Druckleitung nach einem oder mehreren Wasserkranen. Abb. 332 zeigt den bei uns, Abb. 333 den auf den Londoner Untergrundbahnen gebräuchlichen Kran. Durch Drehen des Auslegearmes um etwa 90° gelangt sein Ausguß über die Tenderöffnung, und nach Öffnung des Absperrschiebers gießt der Kran in dickem Strahle aus. Damit letzterer geschlossen austritt und nicht spritzt, ist die Kranmündung bei den preußischen Staatsbahnen mit einem etwa 20 cm hohen Bündel enger Röhren ausgefüllt.

Durch dieses Wassernehmen geht aber unnütze Zeit verloren, wenn auch im Gebiete des V. D. E. V. die Wasserkräne in der Minute mindestens 1 cbm Wasser liefern müssen. **Ramsbottom**, der frühere Leiter der schon genannten Eisenbahnwerkstätten in Crewe, hat deshalb ein Wassernehmen während der Fahrt ermöglicht, das er zuerst 1857 zur Ausführung brachte. An geeigneten Stellen liegen 400 m lange hölzerne, neuerdings meist eiserne Tröge in der Mitte des Gleises; sie werden durch ein Pumpwerk gefüllt gehalten und sind durch Signale kenntlich gemacht. Die Tender der Schnellzuglokomotiven dieser Strecken tragen nach Abb. 334 ein Füllrohr mit beweglichem unteren Schnabel. Beim Eintritt in die Trogstrecke senkt der Heizer denselben in den Trog hinein, und das Wasser steigt aus diesem infolge der ihm erteilten Geschwindigkeit in das Schöpfrohr und gelangt durch dessen Krümmer in den Tender. Nach angestellten Versuchen können bei 40 km/Std. Fahrgeschwindigkeit $1^1/_2$ cbm Wasser auf 100 m Fahrlänge durch einen 30 cm breiten Schnabel gehoben werden, wobei dessen Eintauchtiefe nur 5 cm zu betragen braucht. Eine Troglänge liefert sonach etwa 6 cbm Wasser in den darüber fahrenden Tender.



333. Wasserkran der Londoner Untergrundbahnen.

Auch in Nordamerika (Pennsylvaniabahn, New York Centralbahn) sind diese Tröge in Anwendung. Hier hat man auch besondere Kohlenladevorrichtungen in Benutzung, die ein sehr schnelles Auffüllen des erschöpften Tenderkohlenvorrates ermöglichen, so daß die Lokomotiven weite Strecken durchfahren können. Die vorgenannten Wassertröge eignen sich für Länder mit gelindem Winter. In Deutschland würden sie zur Winterszeit zufrieren, daher, wie in Nordamerika, durch Dampf geheizte Wärmevorrichtungen nötig machen, die aber umständlich und nicht genügend zuverlässig sind. Außerdem bedingen hier die Postwagen, wie schon angedeutet, durch das Ein- und Ausladen der Postsachen meistens so viel (fahrplanmäßigen) Aufenthalt, daß währenddessen die Tender mit dem nötigen Wasser aufgefüllt werden können.

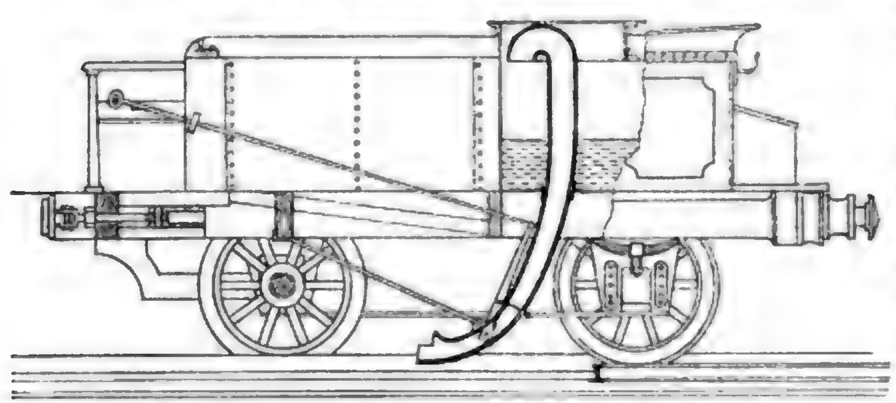
Eine große Annehmlichkeit für die Reisenden sind die **durchlaufenden Wagen***) (Kurswagen), welche ein Umsteigen auf den Abzweigstationen unnötig machen. In Deutschland laufen solche Wagen z. B. von Berlin nach Vlissingen, Basel, Nizza, Rom, von Wien nach Hamburg u. s. w. Sie bedingen an denjenigen Stationen, auf denen sie in eine neue Richtung übergehen, ein Anhalten der Züge, um abgehängt und an den neuen Zug herangeführt zu werden. Züge mit verschiedenen Kurswagen müssen entsprechend oft anhalten. In England besteht nun auf vielen Linien die Einrichtung, daß ein Teil der Schnellzüge gewisse Stationen ohne Aufenthalt durchfährt, während der andere Teil an diesen hält, dagegen die Haltestationen des ersteren durchfährt. Die betreffenden Kurs-

*) Auch Güterwagen mit gewissen Ladungen durchlaufen jetzt lange Strecken verschiedener Länder. So verkehren zahlreiche Fruchtwagen (Südfrüchte, Gemüse) zwischen Süditalien und Norddeutschland. Durch die im nächsten Abschnitt erörterten Eisenbahnfähren ist es sogar ermöglicht, daß Wagen der dänischen Inselbahnen nach Deutschland und Skandinavien übertreten und umgekehrt deutsche Wagen nach Kopenhagen und Stockholm gelangen; ja, es verkehren selbst schwedische Wagen zwischen Drontheim und dem fern im Süden gelegenen Brindisi.

wagen werden hier einfach während der Fahrt von dem Wagenbegleiter kurz vor der Übergangsstation losgekuppelt (was eine besondere Form der Kuppelung ermöglicht) und in der Station durch Bremsen zum Halten gebracht, während der Schnellzug dieselbe, ohne anzuhalten, durchfährt.

Ein weiteres Mittel zur Erhöhung der Reisegeschwindigkeit besteht in der Abkürzung der Stationsaufenthalte. Das Äußerste hierin ist auf den Stadtbahnen in London (Untergrundbahn), Berlin und New York (Hochbahn) erreicht, denn hier währt das Anhalten nur 1/4 bis 1/2 Minute. Durch Einstellung besonderer Speisewagen, was in der Neuzeit immer mehr in Aufnahme kommt, fallen die sonst notwendigen längeren Fahrtunterbrechungen bei den lange Strecken durchfahrenden Schnellzügen zwecks Einnahme des Mittagessens fort, was einen Zeitgewinn von etwa 1/2 Stunde ergibt. Englische Bahnen führen jetzt Speisewagen sogar für die dritte Wagenklasse.

Einzelne englische und amerikanische Züge haben es zu einer sehr großen Durchschnittsgeschwindigkeit gebracht. Sie sind deshalb auch vom Volke mit besonderen Namen belegt worden. So heißt z. B. der Schnellzug von London nach Carlisle „The flying scotchman" („Der fliegende Schotte"), ein Zug der Great Western Bahn „Der fliegende Holländer" u. s. w. Anderseits ist in den im Ingenieurwesen zurückgebliebenen Ländern die Zuggeschwindigkeit eine verhältnismäßig geringe. In Spanien z. B. werden schon Personenzüge mit 40 km/Std. Durchschnittsgeschwindigkeit „Schnellzüge" genannt. Auch in Rußland ist es nicht viel besser. Hier beträgt die Durchschnittsgeschwindigkeit der Schnellzüge sogar nur 37 km. Der S. 240 genannte Luxuszug der sibirischen Überlandbahn durchfährt die 3254 km lange Strecke Tscheljabinsk-Irkutsk in 134 1/4 Stunden, das gibt eine mittlere Reisegeschwindigkeit von 24,2 km in der Stunde. Die Personenzüge dieser Bahn bringen es nur auf 16,4 und 21,6 km/Std. Reisegeschwindigkeit. Damit verglichen, zeigen die Luxuszüge der nordamerikanischen Überlandbahnen auf der 5483 km langen Strecke New York-San Francisco eine mehr als doppelt so große Reisegeschwindigkeit, obschon die Steigungs- und Krümmungsverhältnisse ungünstiger sind. — Vergleicht man nach den Fahrplanbüchern die Zuggeschwindigkeiten, so findet sich der schnellste Zug der Welt in Nordamerika auf der Strecke Philadelphia—Atlantic City. Er fährt im Sommer und legt nach S. 233 die 89 km lange Linie in 47 bis 48 Minuten zurück. Die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit beträgt hiernach 111 km in der Stunde, während die Fahrgeschwindigkeit den Höchstwert von 130 km/Std. erreicht. Auch auf einigen anderen Linien im Osten der Vereinigten Staaten von Amerika kommen erhebliche, wenn auch nicht so hohe Geschwindigkeiten bei Schnellzügen vor. Im Westen jenes Landes dagegen fahren dieselben weit langsamer, da hier der anspornende Wettbewerb mehr oder weniger fehlt. Es kommt jedoch nicht so sehr auf einen einzelnen, besonderen Zwecken angepaßten Zug an, als vielmehr auf die Durchschnittsleistung aller Personenzüge eines Landes. In dieser Hinsicht steht England noch immer obenan; auf dem europäischen Festlande sind es die preußischen Staatsbahnen, wie die nachstehende, dem Archiv für Eisenbahnwesen 1897 entnommene Übersicht klar erkennen läßt. Es sind hierin alle Schnellzüge des Jahres 1896 aufgenommen, die eine stündliche Durchschnittsgeschwindigkeit einmal von 46 km und sodann von 60 km überschreiten. Namentlich der letztere Wert führt zu höchst bemerkenswerten Ergebnissen. Die Zahlen geben Prozente der gefahrenen Schnellzugkilometer an:



334. Vorrichtung zum Wassernehmen während der Fahrt (1860).

Digitized by Google

Land	Durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit	
	46 km in der Stunde u. mehr	60 km in der Stunde u. mehr
England	98,1	61,5
Preußen	91,2	21,6
Deutschland	84,1	14,8
Frankreich	79,3	13,0
Holland	94,4	12,3
Belgien	67,3	10,1
Österreich-Ungarn	43,7	6,5
Süddeutschland	69,6	6,0

Einen Überblick über die im Durchschnitt wirklich erreichten Reise- und Fahrgeschwindigkeiten gibt die folgende, nach dem Reichskursbuch vom Mai 1900 neu bearbeitete Zusammenstellung einiger der schnellsten europäischen Züge.

Land und Linie	Länge der Strecke km	Fahrzeit einschl. Zwischenaufenth. Minuten	Zahl der Anhaltestationen	Durchschnittliche Reisegeschwindigkeit km i. d. St.	Durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit km i. d. St.
Frankreich:					
St. Pierre-Orléans	110,0	67	—	98,5	101,5
Paris-Amiens	131,0	81	—	97,0	99,5
Paris-Calais	298,0	195	1	91,7	96,1
Paris-Bordeaux	585,0	402	4	87,3	91,4
Paris-D. Avricourt (Orientexpreßzug)	411,0	347	6	71,0	78,0
England:					
Perth-Aberdeen	144,2	97	—	89,2	91,0
London-York	302,5	215	—	84,4	85,2
London-Edinburg	636,0	465	—	82,0	—
London-Dover	122,3	101	—	72,6	74,1
Deutschland:					
Berlin-Hamburg	286,0	218	1	78,7	82,1
Basel-Mannheim	269,5	224	4	72,2	82,0
Berlin-Halle	161,6	126	—	76,9	78,2
Magdeburg-Berlin	142,0	117	2	72,8	78,1
Köln-Hamburg	448,0	408	9	65,9	73,2
Köln-Berlin-(Frie.) (Nordexpreß) .	585,3	522	6	67,2	72,1
Ulm-Salzburg (Orientexpreßzug) . .	299,6	271	2	66,3	69,1
Basel-Straßburg-Berlin . . .	908,4	949	34	57,4	69,0
Berlin-Eydtkuhnen (Nordexpreß) .	742,0	696	7	63,9	68,5
Berlin-München (Nord-Südexpreß) .	654,8	625	4	62,8	66,0
Österreich-Ungarn:					
Wien-Budapest	278	261	5	63,9	71,5
Wien-Marienbad	425,0	387	5	65,9	70,2
Bodenbach-Wien	528,0	555	12	57,1	63,7
Holland:					
Vlissingen-Boxtel	137,3	110	—	74,7	76,2
Oldenzaal-Amsterdam	167,3	171	5	58,7	68,7
Nymwegen-Rotterdam	122,3	112	1	65,5	66,7
Belgien:					
Brüssel-Ostende	126	99	—	76,3	77,9
Brüssel-Herbesthal	138,7	147	2	56,6	60,3
Brüssel-Luxemburg	226,4	247	4	55,0	59,3

Hiernach steht Frankreich bezüglich der Zuggeschwindigkeit an der Spitze. England folgt an zweiter Stelle, Deutschland an dritter. In den übrigen Ländern Europas erreicht kein Zug bei Fahrten über 100 km Länge eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 80 km/Std. Beständen für die deutschen Bahnen nicht so mannigfache Beschränkungen hinsichtlich der zulässigen höchsten Fahrgeschwindigkeit, namentlich auch in Krümmungen und auf Gefällen (vergl. „Oberbau"), so könnten die Fahrzeiten erniedrigt werden. Thatsächlich wird ja auch bei uns auf günstigen Strecken mit einer Höchstgeschwindigkeit von 90 km gefahren. In England und Amerika bestehen keine solchen gesetzlichen Grenzen,

es lassen sich daher, wie auch in Frankreich, die Gefällstrecken besser ausnutzen, und deshalb werden dort Höchstwerte von 120 bezw. 130 km/Std. bei einzelnen Zügen erreicht.

Die Gepäckbeförderung ist in den einzelnen Ländern sehr verschieden, sowohl an Gewicht des Freigepäcks, wie in der Beförderungsart. Während in Deutschland das Gepäck gewogen und beklebt wird und der Reisende einen sogenannten Gepäckschein erhält, der ihm die Aushändigung des Gutes an der Bestimmungsstation sichert, muß sich in England der Reisende an letzterer selbst darum bemühen. Wohl wird es beklebt, aber an der Endstation muß es vom Besitzer auf dem Bahnsteig am Gepäckwagen in Empfang genommen werden, was gerade nicht zur Annehmlichkeit der Reise beiträgt. In Amerika wird das Gepäck vielfach nicht gewogen, es auch mit der Freigewichtsgrenze nicht genau genommen. Der Reisende erhält bei Abgabe desselben eine Blechmarke, eine zweite gleicher Art wird mittels Riemens an dem Frachtstücke befestigt. Vor der Endstation nehmen besondere Agenten der Gepäckbeförderungsgesellschaften die Wünsche der Reisenden im Zuge entgegen und besorgen ihm die Sachen schnell nach dem Hotel u. s. w., so daß man beim Verlassen des Bahnhofs der Gepäcksorge enthoben ist. Die amerikanische Gepäckbehandlung ist versuchsweise auch in einem Bezirke der preußischen Staatsbahnen eingeführt.

Die Benutzung der einzelnen Wagenklassen weicht sehr von einander ab. Nachstehende dem „Bulletin de Statistique 1899“ entnommene Übersicht gibt für sechs europäische Länder bemerkenswerten Aufschluß hierüber.

Länder	Zahl der beförderten Personen in Prozenten des Gesamtverkehrs			Einnahmen in Prozenten der Gesamteinnahme des Personenverkehrs		
	I. Kl.	II. Kl.	III. Kl.	I. Kl.	II. Kl.	III. Kl.
Deutschland	0,6	10,2	89,2	4,9	26,9	68,2
Österreich	1,2	12,7	86,1	7,5	27,6	64,9
Rußland	1,4	7,1	91,5	6,2	15,1	64,1
England	3,6	8,1	88,3	12,4	10,6	77,0
Holland	7,0	23,0	70,0	16,6	36,2	47,2
Frankreich	8,0	36,0	56,0	21,0	27,0	52,0

Hiernach wird in allen diesen Ländern die III. Wagenklasse am meisten benutzt. Die I. Wagenklasse ist in Deutschland nur schwach besetzt, in Frankreich und Holland dagegen erheblich stärker. Der Anteil der in Norddeutschland bestehenden IV. Klasse ist in obiger Übersicht der III. Klasse zugerechnet worden. Die dort bezüglich der Einnahmen angegebene Verhältniszahl (68,2 %) verteilt sich mit 20,7 % auf die IV. und mit 47,5 % auf die III. Klasse.

Um die vorstehenden Zahlen richtig vergleichen zu können, ist die Kenntnis der Fahrpreise erforderlich. Wir beschränken uns auf Deutschland und stellen mit der heutigen Preislage die Werte aus dem Jahre 1840 zusammen. Für die damals bestehende Leipzig-Dresdener Eisenbahn bestanden für die einfache Fahrt folgende auf Mark umgerechnete Preise:

Jahr 1840.

Von Leipzig nach	Entfernung von Leipzig	Fahrpreis in der Wagenklasse		
		I	II	III
Riesa	66 km	5,10 Mk.	4,10 Mk.	2,70 Mk.
Dresden	115 „	9,00 „	6,80 „	4,50 „

Jahr 1900.

Fahrpreis für 1 km: Einfache Fahrt.

	Preußische Staatsbahnen. Wagenklasse				Bayrische Staatsbahnen. Wagenklasse			Bemerkungen:
	I	II	III	IV	I	II	III	
Personenzug	8 Pfg.	6 Pfg.	4 Pfg.	2 Pfg.	8 Pfg.	5,3 Pfg.	3,4 Pfg.	Die IV. Wagenklasse fehlt auf den süddeutschen Bahnen, desgl. in Schnellzügen.
Schnellzug	9 „	6,67 „	4,67 „	—	9,1 „	6,4 „	4,5 „	
Fahrpreis für 1 km: Hin- und Rückfahrt (Rückfahrkarte).								Eine Änderung der Einheitspreise wird angestrebt.
Personenzug } Schnellzug	12	9	6	—	13,3 Pfg.	8 Pfg.	5,3 Pfg.	
Schnellzug					15,5 „	10,2 „	7,5 „	

Vergleicht man die Preise von 1840 mit denen der heutigen Personenzüge Preußens, so zeigt sich merkwürdigerweise eine fast genaue Übereinstimmung. Allerdings ist zu beachten, daß damals das Geld höher im Werte stand und den Reisenden viel weniger Bequemlichkeiten geboten wurden. Auch die Fahrgelegenheit und die Reisedauer ließ derzeit recht zu wünschen. So fuhren damals auf der Leipzig-Dresdener Bahn täglich nur 2 Personenzüge nach jeder Richtung, deren Fahrtdauer 3½ bis 4 Stunden betrug, was einer Reisegeschwindigkeit von 28¾ bis 30 km/Std. entspricht. Heute wird dieselbe Strecke von 13 Zügen in jeder Richtung täglich befahren, mit einer Fahrtdauer von 1¾ bis 3 Stunden.

Ein anderes Beispiel dieser Art bietet die Bahn von Berlin über Magdeburg nach Hannover. Im Jahre 1846 verkehrten auf ihr 2 Züge in jeder Richtung, deren schnellster über 12 Stunden für diese Strecke bedurfte. Im Jahre 1850 liefen bereits 3 Züge in jeder Richtung, ihre kleinste Reisedauer betrug rund 10 Stunden. Heute laufen auf dieser Bahn 10 Züge in jeder Richtung, und man kann die Strecke bereits in 4⅓ Stunden zurücklegen, wobei zu beachten ist, daß seit den 70er Jahren noch eine zweite Bahn zwischen Berlin und Hannover (über Stendal) in Benutzung genommen wurde, die täglich von 12 Zügen in jeder Richtung befahren wird mit einer kleinsten Reisezeit von 3¾ Stunden. Gewiß ein großer Fortschritt.

Schneepflüge und Schneeschleudermaschinen.

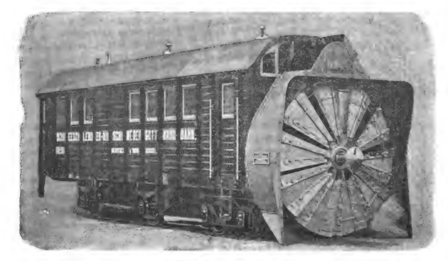
In schneereichen Wintern haben die Eisenbahnen der gemäßigten Zone häufige Störungen durch Schneeverwehungen, im Hochgebirge auch durch Lawinenstürze zu erleiden. Ganz gewaltige Schneemassen lagern sich dann auf den Gleisen ab, namentlich in Einschnitten. Ihre Beseitigung kostet viel Zeit, Arbeit und Geld, dabei wird der Verkehr empfindlich gestört und geschädigt. Nicht nur auf den besonders schneereichen Abschnitten der Gebirgsbahnen (Schottland, Norwegen, Schweiz, Amerika) ist ein Festfahren und stundenlanges Steckenbleiben der Züge im Schnee wiederholt vorgekommen, sondern auch recht oft im Hügellande, selbst im Flachlande.

In dem besonders schneereichen Winter 1886/87 gab es in Deutschland und Österreich viele unliebsame Störungen im Zugverkehr und dadurch Schädigungen im Handel und Gewerbsleben. Allein im Monat Dezember 1886 sind auf deutschen Bahnen (ausschließlich der bayerischen) infolge Schneeverwehungen 2716 Züge ausgefallen, während 711 Züge nur einen Teil ihres Weges gefahren werden konnten und 2315 Züge Verspätungen erlitten. Für die sächsischen Staatsbahnen sind die in jenem Winter eingetretenen Mindereinnahmen nur im Personenverkehr auf rund 100000 Mark geschätzt worden, während dort anderseits die Kosten für Schneebeseitigung in zwei Monaten die beträchtliche Summe von rund 442000 Mark ausmachten.

Seitdem sind die Eisenbahnverwaltungen noch mehr bemüht gewesen, ihre den Schneeablagerungen in verstärktem Maße ausgesetzten Gleisstrecken durch feste Schneewehren, wie Hecken, Waldschutzstreifen, Mauern, Erdwälle, feste und versetzbare Schneezäune aus Flechtwerk, Schwellen oder Bohlen zu schützen und bessere Vorkehrungen zur Beseitigung von Gleisverwehungen zu treffen. Da wo Lawinenstürze zu befürchten sind, baut man Schneegalerien und Schneedächer, über die die Lawinen niedersausen, oder errichtet auch kräftige Leitwerke (versteifte Holzwände, Steinmauern), um sie aus ihrer gewohnten, die Bahnlinie bedrohenden Rutschungsrichtung abzulenken. Die Gotthardbahn ist besonders reich an solchen Galerien. Noch ausgedehnter sind die oft mehrere Kilometer langen Schneedächer (Abb. 84) der amerikanischen Überlandbahnen, namentlich in dem Felsengebirge und in den westlich davon gelegenen Selkirks.

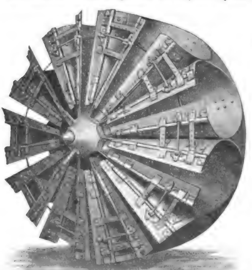
Hochgelegene Waldstreifen sind, wenn genügend dicht und breit, ein allbekanntes, sehr gutes Schutzmittel gegen Schneerutschungen. Heißt es doch schon im „Wilhelm Tell“:

„. . . Die Lawinen hätten längst
den Flecken Altdorf unter ihrer Last
Verschüttet, wenn der Wald dort oben nicht
Als eine Landwehr sich dagegen stellte.“



335. Schneeschleudermaschine nach Leslie.
Erbaut von der Lokomotivfabrik von Henschel & Sohn in Kassel.

Die Verwaltung der Arlbergbahn hat an deren Berglehnen bis 2000 m Höhe ü. M. viele Tausend Arven, Bergkiefern und Föhren in zuvor gegen Rutschung und Steinschlag gesicherten Boden pflanzen lassen, um durch den im Laufe der Zeit heranwachsenden Bannwald ein wirksames Schutzmittel für ihre Bahnlinie zu schaffen. Sie unterhält in 1200 m ü. M. eigene Pflanzgärten, denen die Pflänzlinge für die weitere Aufforstung entnommen werden.



336. Schleuderrad der Lesliemaschine.

Das einfachste Mittel zur Schneebeseitigung bietet der Schneepflug. Er stellt eine nach Art des Ackerpfluges geformte große Pflugschar dar, wird aus Holz mit Eisenbeschlag, besser ganz aus Eisen, gebildet und an der Vorderseite der Lokomotive befestigt, auch bei größerer Ausführung wohl auf eigene Räder gestellt und durch eine Lokomotive vorgeschoben. Bei eingleisiger Bahn ist die Pflugschar mitunter symmetrisch zur Mittelachse angeordnet, so daß der von ihr aufgehobene Schnee nach den beiden Außenseiten des Gleises geworfen wird. Bei zweigleisiger Bahn kann die Schar nur einseitig gestaltet sein, da der Schnee nur nach der einen nächstgelegenen Außenseite abgedrängt werden darf.

Digitized by Google

Schneepflüge vermögen aber nur weiche Schneemassen von nicht zu großer Dicke zu beseitigen. Bei starker Schneelage, auch bei sehr dichtem oder gefrorenem Schnee werden sie vom Gleise abgehoben, fahren fest, geben auch Anlaß zur Entgleisung des Fahrzeugs hinter ihnen. Dann muß man oftmals durch große Arbeiterkolonnen, die in den nächstliegenden Ortschaften angeworben werden, die Gleise freilegen lassen. Aber das ist kostspielig*) und bedingt viel Zeit, so daß der Verkehr sehr darunter leidet.

Von verschiedenen Seiten sind deshalb Versuche gemacht worden, den Schnee durch Maschinen fortzuräumen. Im Jahre 1884 baute der Amerikaner Jull die erste derartige Maschine, die dann durch Leslie wesentliche Abänderungen und Verbesserungen erfahren hat und als Leslies rotierende Dampfschneeschaufel oder Schneeschleudermaschine bekannt geworden ist (Abb. 335). Sie besteht im wesentlichen aus einer in einem fahrbaren Wagenkasten gelagerten Zwillingsdampfmaschine mit Kessel und einem vor der

337. Görlitzer Dampf-Kreiselschneeschaufel für die königl. ungarischen Staatseisenbahnen.

vorderen Stirnwand drehbaren, etwa 3 m großen Schaufelrade. Dieses ist nach Abb. 336 mit zehn eisernen Trichtern oder Tüten besetzt, die in ganzer Länge einen breiten Schlitz besitzen, um hier eine Messerschneide zur Wirkung zu bringen, wenn das Rad gedreht wird. Diese Schneiden, die sich je nach der Drehrichtung selbstthätig verstellen, trennen beim Vorrücken in die Schneemasse je eine Schicht von dieser ab, die sich in das Trichterinnere schiebt und durch die Schleuderkraft des Rades kräftig an einem Leitblech entlang nach außen geworfen wird. Die Schleudermaschine wird von einer oder zwei Lokomotiven vorgedrückt. In einem mit Fenstern versehenen Vorderraum sitzt der Maschinist, der je nach der Lage benachbarter Bauwerke u. s. w. das Leitblech umzulegen und den Drehsinn des Rades zu

*) An der Arlbergbahn sind Kolonnen bis 1200 Mann zum Schneeschaufeln beschäftigt worden. Nach dem „Centralblatt für Bauverwaltung“ 1889 haben auf einer nur 34 km langen Gleisstrecke im Thüringer Walde die durchschnittlichen Jahreskosten für das Hinwegräumen des Schnees von Hand auf freier Strecke 12 403 Mark betragen, also auf 1 km rund 365 Mark. Dieser Betrag hat sich nach Einführung des Schneepflugs auf 7503 Mark = 220 Mark für das km gemindert.

Digitized by Google

ändern hat, auch je nach der Schneebeschaffenheit dessen Umdrehungszahl verringern oder bis auf 125 in der Minute verstärken, sowie den Lokomotivführern die nötigen Signale für das stärkere oder schwächere Vorrücken geben muß. Die Maschine schleudert den Schnee 20 m hoch und bis 100 m weit. Es ist ein höchst anziehendes Bild, das sich beim Arbeiten dieser Schaufler dem Auge zeigt. Dicke Rauchwolken, vermischt mit dem Abdampf, entströmen den verschiedenen Schornsteinen unter lautem Getöse, die Sicherheitsventile blasen zischend ab, dazwischen tönen die Signalpfiffe, und hoch im Bogen sieht man die Schneemassen fortgeschleudert. Die Schleuder vermag bis 3 m hohe frisch gefallene Schneemassen mit einer Geschwindigkeit von etwa 10 km i. d. Stunde zu beseitigen; hartgefrorener Schnee erfordert erheblich mehr Zeit.

Auch in Europa ist die Lesliemaschine mehrfach beschafft, so von den preußischen Staatsbahnen, die damit ihre schneereichen Linien im Thüringer Walde säubern lassen, und von der Gotthardbahn. Von der Leslieschleuder sind bis jetzt etwa 100 Stück er-

338. Schneeschaufel bei der Arbeit.

baut worden, die Mehrzahl wird auf den besonders schneereichen nordamerikanischen Bahnen benutzt. Die in der Schweiz und Deutschland benutzten Maschinen sind von Henschel & Sohn in Kassel erbaut (Preis 50 000 Mark).

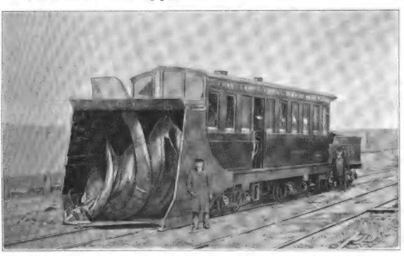
Da die verstellbaren langen Messer durch hart gefrorenen Schnee, vor allem durch Steine leicht beschädigt werden können, auch das Umsteuern der Dampfmaschine beim Wechsel der Schleuderrichtung lästig ist, so hat die Görlitzer Waggonfabrik 1889 eine andere, widerstandsfähigere Schleuder konstruiert, die in der Abb. 337 wiedergegeben ist. Statt der Trichter sind hier 12 flache, breite Schaufeln gewählt, die radial zur Drehachse des mit einem „Vorschneider" versehenen Schleuderrades sitzen. Der Dampf für die 700pferdige Betriebsmaschine wird der Schiebelokomotive entnommen, mit welcher die Schleuder durch eine große Kupferrohrspirale verbunden ist, um die kleinen gegenseitigen Bewegungen der Fahrzeuge (namentlich auch in Gleisbögen) für die Dampfzufuhr unschädlich zu machen. Das Rad dreht sich nur nach einer Richtung (140mal in der Minute), besitzt aber eine untere und eine obere verschließbare Auswurföffnung, wovon die eine links, die andere nach rechts den Schnee fortschleudert, wenn sie geöffnet wird. Diese Bauart ist von den ungarischen Staatsbahnen angeschafft. Auf der

Digitized by Google

Militärbahn bei Zossen im Winter 1895/96 angestellte Versuche ergaben eine sehr befriedigende Wirkung. Das Kreiselrad räumte einen hochgeschichteten harten Schneewall sicher und stetig fort. Die bis zu 30 m Höhe geschleuderten Schneemassen nahmen sich aus wie die Sprenggarben von Riesengeschossen. Abb. 338 zeigt die Schleuder bei der Arbeit.

In Amerika hat sodann der schon genannte Ingenieur Jull noch eine andere, bereits mehrfach benutzte Schleuderart erdacht. Bei dieser wird nach Abb. 339 eine etwa 4 m lange, kegelförmige, gegen das Gleis geneigt liegende Riesenschraube oder Schnecke verwendet, deren aus Blech hergestellte Gewindegänge den Schnee losbrechen und nach hinten in die Höhe schieben, um hier fortgeschleudert zu werden. Die Schraube macht 300 Umdrehungen in der Minute. Nach amerikanischen Angaben soll sie sich bewähren.

Außer den vorgenannten drei Anordnungen sind auch noch andere Schneebeseitigungsmaschinen gebaut worden, wie der Schneebagger von Paulitschky (1890) u. s. w. Sie haben aber keine Verbreitung gefunden.



339. Julls Schneeschaufel.

Eisenbahn-Fährboote (Trajektanstalten).

Soll eine auf einen Strom, See oder Meeresarm mündende Eisenbahnlinie am jenseitigen Ufer fortgesetzt und dort von denselben Betriebsmitteln befahren werden, ohne daß das Wasser auf einer Brücke überschient wird, so muß ein Fährboot (Trajekt) die Überleitung der Eisenbahnfahrzeuge übernehmen. Das Deck des Bootes wird zu dem Zweck mit 2—4 Gleisen, seltener mit nur einem Schienenstrang (Rhein, Rügen) versehen und in der Regel durch eigene Dampfkraft vermittelst Ruderrades oder Schraube bewegt. In Europa und Amerika sind derartige Fährboote am zahlreichsten vorhanden.

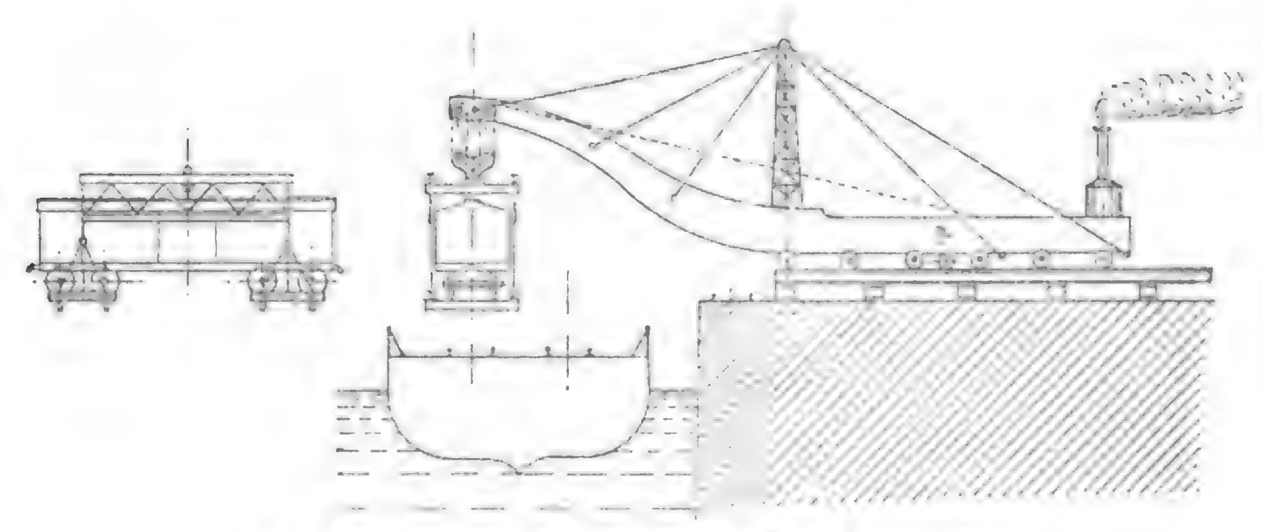
Besondere Einrichtungen sind an den beiden Landestellen zu treffen, um trotz wechselnder Wasserstände das Überleiten der Lokomotive und Wagen vom Lande auf das Schiff und umgekehrt gut und sicher bewirken zu können. Hierfür sind im Laufe der Jahre verschiedene Mittel in Anwendung gebracht worden.

Das erste ist Änderung der Eintauchtiefe des Fährbootes durch Vergrößern oder Verringern des Wasserballastes im Schiffskörper. Dies ist angewandt worden an der Ostsee bei der Fähre Stralsund-Rügen, am Bodensee zwischen Lindau und Romans-

Digitized by Google

horn*). Bei anderen Anlagen verwendet man Klappbrücken an den Landestellen. Dies geschieht bei den Fährbooten der dänischen Bahnen über den Sund, den Kleinen und Großen Belt, desgleichen bei der Fähre über die Meerenge bei San Francisco. Ein drittes Mittel besteht in geneigten Ebenen mit Übergangswagen, wie sie die Rheinfähren bei Bonn, Griethausen u. s. w., früher auch bei den jetzt durch feste Brücken ersetzten Fähren über die Elbe bei Hohnstorf, über den Firth of Forth bei Granton, den Tay bei Dundee zeigen. Ein viertes ist: Senkrechte Hebung der Eisenbahnfahrzeuge und zwar entweder durch Wasserdruckaufzüge wie bei der früheren Rheinfähre Ruhrort-Homberg, oder durch Dampfkräne, wie bei der Fähre auf dem St. Lorenzstrom (Quebec) (Abb. 340), früher auch bei der Rheinfähre zwischen Mainz und Kastel.

Die Fahrgeschwindigkeit der Fährboote ist sehr verschieden und beträgt auf Flüssen 6—10 km/Std., auf Landseen und Meerengen bis 25 km/Std. (Stralsund-Rügen = 15 km/Std., Beltfähren = 24 km/Std.). Die längsten Fährstrecken finden sich in Nordamerika auf dem Michigansee mit 150 km auf der Linie Frankfort-Menomonee und 135 km auf der Linie Milwaukee-Grand Haven. Die im Zuge der transsibirischen Eisenbahn über den Baikalsee führende Fähre legt 64 km bei einer Fahrt zurück. Wegen des oft herrschenden starken Wellenschlages und der Vereisung sind diese Seefähren be-



340. Trajektierung von Eisenbahnwagen auf dem St. Lorenzstrom.
(Der Kran wird durch Zahnstange und Zahnrad Z auf seiner Fahrbahn verschoben).

sonders kräftig und zugleich als Eisbrecher gebaut (S. 334). Letzteres ist auch der Fall bei der neuen Fähre über die Wolga (bei Saratow), über den Detroit-Fluß u. s. w.

Entweder werden durch die Fährboote einzelne Eisenbahnwagen oder ganze Züge übergesetzt. Letzteres greift Platz, wenn ein Umladen und Umsteigen zwecks Zeitgewinns vermieden werden soll, namentlich wenn die Fährstrecke am Anfang der Fahrt oder nahe an ihrem Ende liegt.

Die ältesten Fähranlagen waren an der englischen Ostküste im Zuge der Eisenbahn von Edinburg nach Dundee. Nahe der ersteren Stadt war zwischen Granton und Burntisland der 8,8 km breite Firth of Forth zu übersetzen, bei der letzteren die 1,4 km breite Taymündung. Die Grantonfähre wurde schon 1851, die bei Dundee 1852 eingerichtet. Beide setzten aber nur Güterwagen über, den Personenverkehr vermittelten gewöhnliche Dampfer. Das erste Fährschiff der Forthfähre war der „Leviathan", von Napier in Glasgow erbaut. Es konnte auf seinen drei Deckgleisen 30 Wagen unterbringen und

*) Das Übersetzen von Güterwagen über den nach Abb. 81 rings von Bahnen umzogenen Bodensee erfolgt der Wegkürzung halber und um bei der Fahrt nach der Schweiz österreichisches Gebiet und damit die zweimalige Zollabfertigung der Güter zu vermeiden. Das Fährschiff nimmt 16 Güterwagen auf und schleppt gewöhnlich am Tau noch zwei Fährkähne mit je acht Wagen. In einer Fahrt können sonach bis 32 Wagen über den See befördert werden. Der Personenverkehr wird durch sechs Raddampfer erledigt.

kreuzte die Meerenge in 26 Minuten und 8—10 mal an einem Tage. Beide Fähren sind nach dem Bau der Tay- und Firth of Forth-Brücke (vergl. Abb. 75) 1892 beseitigt. In Deutschland wurde die erste Fähre 1856 erbaut und zwar am Rhein zwischen Ruhrort und Homberg. Sie galt bis zu ihrem 1885 erfolgten Ersatz durch die feste Eisenbahnbrücke bei Rheinhausen als eine in ihrer Art mustergültige Anlage. In den 50er Jahren wurde auch das erste amerikanische Fährschiff „Maryland" über den Susquehannafluß bei Hâvre de Grâce in Betrieb gesetzt. Es vermag auf seinen zwei Gleisen 14 Güterwagen überzusetzen und ist jetzt noch auf dem East River in Benutzung. In Amerika wurde es seiner Zeit als ein hervorragendes Werk der Technik angesehen, wie es denn auch an seiner Kommandobrücke die bezeichnende Aufschrift trug: „Das Werk von 1000 Menschen während 3 Jahre."

Die größte zur Zeit bestehende Eisenbahnfähre ist die 1887 in Betrieb gesetzte, im Zuge der Central-Pacific-Bahn bei San Francisco liegende Solanofähre. Sie übersetzt hier einen 1600 m breiten Meeresarm und vermag auf ihren vier Gleisen einen ganzen Eisenbahnzug, bestehend aus Lokomotive nebst Tender und 24 Personen- oder 48 Güterwagen — alles lange Drehgestellwagen — aufzunehmen. Die Zuglokomotive fährt mit einem Teil der Wagen auf das Schiff, während der übrige Teil durch eine Rangierlokomotive aufgebracht wird. Letztere wird mit übergesetzt und hilft am anderen Ufer den Zug wieder ordnen. Die Fahrdauer einschließlich des naturgemäß nur langsam vor sich gehenden Abfahrens und Anlegens beträgt 10 Minuten, was eine Höchstgeschwindigkeit von etwa $3\frac{1}{2}$ m in der Sekunde ergibt. Der Schiffskörper ist 129 m lang und über Radkasten 35,2 m breit. Jedes der beiden gegeneinander versetzten, $9\frac{1}{8}$ m großen und 5,2 m breiten Schaufelräder wird für sich durch eine stehende Balanciermaschine von 750 Pferdestärken (D in Abb. 341) angetrieben, wie solche bei den amerikanischen Flußdampfern allgemein üblich sind. Zur Dampferzeugung dienen acht große Kessel von je 228 qm Heizfläche. Die starke Triebkraft ist erforderlich, da in der Meerenge (von Carquinez) zeitweilig eine Strömung von $3\frac{1}{2}$ m Sekundengeschwindigkeit herrscht. Als Vergleich sei hier das die Rheinschiffahrt bekanntlich ungemein erschwerende Bingerloch angeführt, in welchem noch jetzt nach der Regulierung eine Stromgeschwindigkeit von 3 m in der Sekunde herrscht.

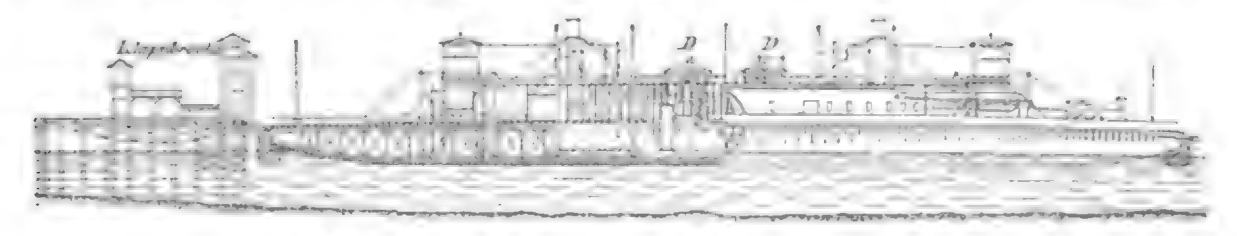
Das Steuern dieser großen, „Solano" genannten Fähre erfolgt durch je vier an jedem Ende angebrachte, von Hand oder durch Wasserdruck bewegte Ruder, sowie durch den Einzelantrieb der Schaufelräder. Der Tiefgang wechselt von $1\frac{1}{2}$ m (leer) bis 2 m (beladen). Die Besatzung besteht aus 32 Personen. Das Schiff macht einen recht stattlichen Eindruck. Abb. 341 bis 343 geben stark verjüngt seine Bauart wieder.

Der Rhein war in früheren Jahren reich an Fähren. Es bestanden solche in Rheinhausen, bei Ruhrort, in Griethausen, bei Bonn und Bingerbrück. Die ersteren 2 sind, wie so manche andere Fähre, nach dem Bau einer festen Gleisbrücke beseitigt worden. Diese Rheinfähren sind in besonderer Art ausgebildet. Sie übersetzen den Rhein, dessen Geschwindigkeit im Mittel $1\frac{1}{2}$ m in der Sekunde, aber zuweilen auch mehr als 2 m beträgt, senkrecht zur Strömung. Es sind mehrere Fahrstraßen nebeneinander angeordnet. Jedes Boot ist 50 m lang und trägt ein Gleis, auf dem bis fünf Wagen Platz finden. Es führt eine 25pferdige Maschine auf Deck, die eine Seilrolle antreibt, durch welche es sich unter Zuhilfenahme einer zweiten Rolle nach Art der Schiffstauerei und Kettendampfer an einem gespannten Drahtseil über den Strom zieht. Geführt wird jedes Boot noch an einem verankerten $6\frac{1}{2}$ cm dicken Drahtseil, das an beiden Ufern durch ein Gewicht von 15000 kg gespannt gehalten wird. Da der Wasserstand bis fast zu 8 m wechselt, so sind in die Ufer lange schiefe Ebenen eingeschnitten, auf deren normalspurigem Gleise ein keilförmig gestalteter Übergangswagen mit Gleis sich bewegt. Das Übersetzen der Bahnwagen vom Lande auf das Schiff und umgekehrt über den ersteren hinweg vermitteln Lokomotiven. (Bei anderen Fähren hat man statt dessen auch eine feststehende Dampfmaschine mit Drahtseiltrommel gewählt.) Die Zahl der Fährstraßen richtet sich nach der Verkehrsstärke. Bei der Rheinhausener Fähre waren ihrer z. B. fünf angelegt, deren jede etwas über 200000 Mark gekostet hat; sie kreuzte den hier rund 600 m breiten

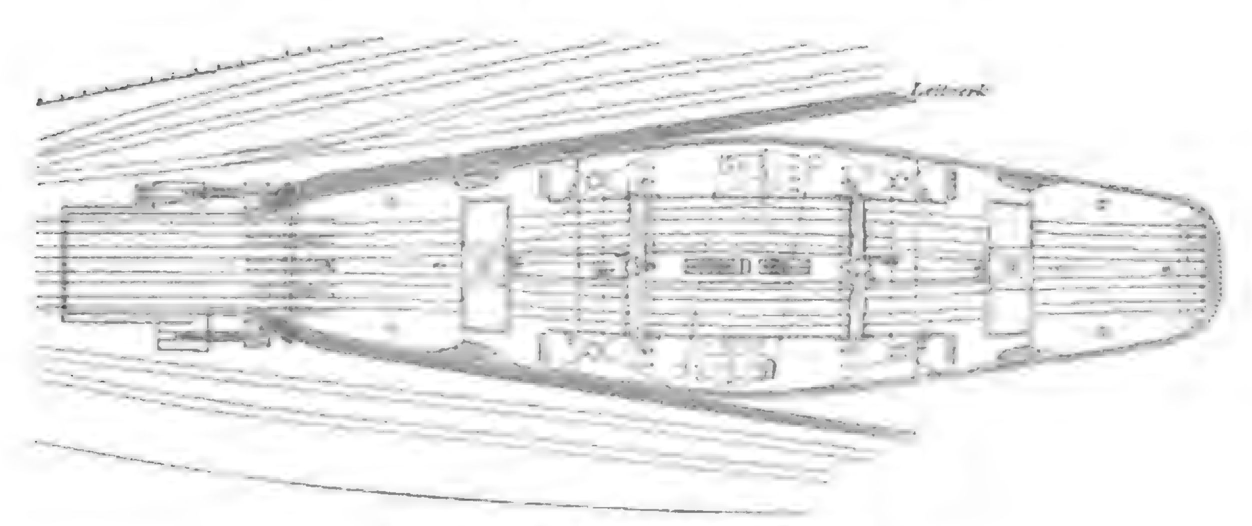
Digitized by Google

Strom in 6 Minuten. Auf der Fähre zwischen Bonn und Oberkassel werden auch Personenwagen übergesetzt.

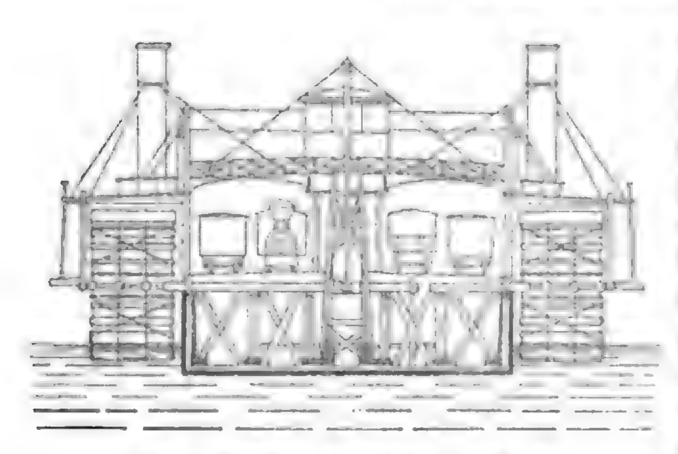
Eine bemerkenswerte Fähre neuester Art ist die über den Baikalsee. Wie oben schon erwähnt, ist sie als Eisbrecher gebaut, daher sehr kräftig gehalten und stark steuerlastig. Ihre 3 Dampfmaschinen entwickeln insgesamt nicht weniger als 4000 Pferdestärken, stellen sonach die größte Betriebskraft dar, die bis jetzt einer Fähre gegeben wurde. Zwei der Maschinen treiben die beiden Schrauben hinten am Heck an, die dritte setzt eine Schraube vorn am Bug in Drehung. Diese Bugschraube erleichtert das Auf-



341. Längenschnitt und Seitenansicht von Schiff und Klappbrücke.



342. Grundriß von Schiff und Klappbrücke.



343. Querschnitt der Fähre. 1/60 nat. Gr.
341 bis 343. Die Solanofähre bei San Francisco.
Nach „Zeitschrift d. Ver. d. Ing." 1891.

brechen starken Eises. Der Zufall führte Mitte der 80er Jahre auf diese Anordnung. Ein amerikanischer Eisbrecher sollte eines Tages aus dem gefrorenen Hafen fahren. Er mußte rückwärts arbeiten und zerschnitt hierbei die Eisdecke leichter als sonst bei der Vorwärtsfahrt. Seitdem rüstet man größere Eisbrecher gewöhnlich auch mit einer Bugschraube aus. Die Baikalfähre ist 88 m lang, 17 m breit, besitzt 4200 t Wasserverdrängung und trägt auf Deck drei Gleise. Damit die Eisenbahnwagen während der oft sehr stürmischen Überfahrt nicht kippen, ist das Gleisdeck mit einem Überbau versehen, unter welchem auch die Unterkunftsräume für die Reisenden sich befinden. Das Schiff wurde in Newcastle von Armstrong erbaut, in zerlegtem Zustande nach Petersburg gebracht und von da über 6000 km weit teils auf der Bahn, teils auf Schlitten versandt. Es war dieses eine etwas mühselige Verfrachtung, da die Eisenteile, darunter 15 große Dampfkessel, umfangreich und schwer waren. Am 27. Januar 1900 machte die Fähre ihre erste Probefahrt auf dem See. Trotz einer 80 cm starken Eisdecke soll sie die 2 × 64 = 128 km lange Fahrstrecke in 12 Stunden zurückgelegt haben.

Sie wurde mit Eröffnung der Schiffahrt auf dem Amur in regelmäßigen Dienst genommen. Die sibirische Eisenbahn ist bereits (April 1900) bis Strjetemsk fertiggestellt. Von hier vermitteln vorläufig Dampfer auf der Schilka und dem Amur den Verkehr bis nach Chabarowsk, von wo die 764 km lange Ussuribahn nach Wladiwostock weiterführt. Damit ist diese, ohne ihre Zweiglinien 6629 km lange Bahn — die längste aller bestehenden Linien — deren Kosten etwa 870 Millionen Mark betragen, nahezu fertiggestellt. Sie wird nach ihrer in kurzem zu erwartenden gänzlichen Vollendung für Rußland eine wichtige Militärstraße bilden, für Asien ein hochbedeutsames Kulturmittel sein und dem Weltverkehr eine Erleichterung im Personen- und Güteraustausch der zwischen den Küsten des japanischen und atlantischen Meeres gelegenen Länder schaffen.

Statt der Fähren hat man in Deutschland an zwei Stellen auch Schiffbrücken gewählt; es sind dies die beiden badischen Brücken bei Maxau und Speyer. Die Fahrbahn ruht hier auf Pontons, deren mit dem Wasserstande sich ändernde Höhenlage durch bewegliche, je 85 m lange Anschlußbrücken, welche sich höher oder tiefer einstellen lassen, auf beiden Ufern ausgeglichen wird. Der mittlere Brückenteil wird zwecks Durchlassung der Schiffe ausgefahren, wie dies auch bei den gewöhnlichen Schiffbrücken (Köln) der Fall ist. Beim Übergang eines Zuges schwankt eine solche Brücke sehr stark, weshalb sie auch nur langsam befahren werden darf. Bei Eisgang und starkem Hochwasser kann sie nicht benutzt werden. Schiffbrücken stehen daher kräftig gebauten Fährbooten an Leistungsfähigkeit nach, sind allerdings billig in der Anlage.

Besondere Eisenbahnen.

Seilbahnen.*)

Schon vor Einführung des Lokomotivbetriebes wurden vielerorts Seilbahnen verwendet. Sie dienten zur Überwindung starker Steigungen (schiefer Ebenen). Die älteren Anlagen waren wie die heute im Berg- und Tunnelbau, in Steinbrüchen u. s. w. noch üblichen Bremsberge eingerichtet: Das Übergewicht der beladenen, am Seil abwärts gehenden Wagen zieht die am anderen Seilende angehängten leeren Wagen auf einem Parallelgleise hinauf. Die am oberen Ende der schiefen Ebene befindliche Seilrolle, um die das Seil sich bewegt, ist mit einer Bremse versehen, so daß die überschüssige Triebkraft abgebremst werden kann.

Mit der Verbreitung der Wattschen Dampfmaschine ging man dazu über, die Seilrolle durch eine solche antreiben zu lassen, war man nunmehr doch unabhängig von dem Übergewicht des abwärts fahrenden Zuges und konnte man jetzt auch beladene Wagen bequem aufwärts befördern, selbst wenn nur leere Fahrzeuge bergab fuhren. Diese Seiltriebe verbreiteten sich namentlich in England, wo es zur Zeit der Eröffnung der Liverpool-Manchester Bahn gegen 100 von ihnen gegeben haben soll (vgl. auch S. 199). Sie sind die Vorläufer der seit den 60er Jahren vielfach verbreiteten Berg- und Stadtseilbahnen. Anfangs nur für den lokalen Gütertransport benutzt, fanden jene Seilebenen auch für den durchgehenden Güter- und Personenverkehr Verwendung. Sie bildeten mehrfach ein Glied im Zuge einer als gewöhnliche Reibungsbahn gebauten Linie, durch das eben eine größere Steigung auf einmal überwunden wurde.

Unter den deutschen Seilebenen dieser Art sind die bei Erkrath und Aachen die bemerkenswerteren. Auch hier stand die Betriebsdampfmaschine am oberen Rampenende. Das Seil war anfangs aus Hanf, später aus Draht gefertigt. Die schiefe Ebene bei Aachen war 2,1 km lang und hatte die Neigung von 26 ‰ (1 : 38). Die Dampfmaschine stand hier bis Ende der 40er Jahre in Thätigkeit.

Nach Einführung kräftigerer Lokomotiven ging man allgemein wieder zu dem billigeren Gegenbetrieb über. Die Dampfmaschinen wurden beseitigt und an jedes der beiden freien

*) Die Luftseilbahnen, welche in der Industrie und im Erdbau vielfach benutzt werden, namentlich für den Transport von Massengütern (Kohle, Erze, Steine, Erde u. s. w.), scheiden aus dem Rahmen dieser Betrachtungen aus.

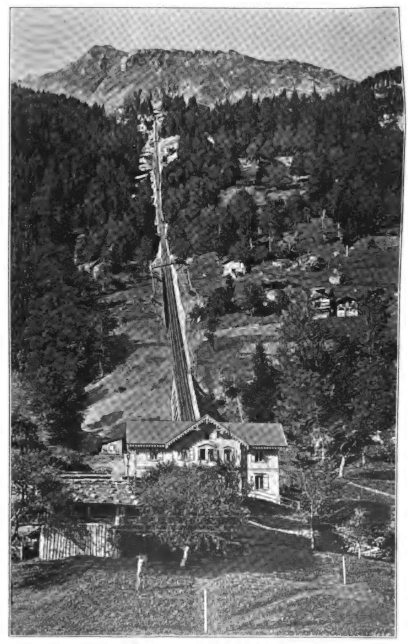
Seilenden die Lokomotive mit ihrem Wagenzuge gehängt. Während ein Zug mit Lokomotive am Seil abwärts fuhr, wurde ein anderer hinaufbefördert. Aber auch diese Seilbahnen sind später meistens als freie Reibungsbahnen umgebaut. — Unter den wenigen zur Zeit noch erhaltenen ist die vorgenannte auf der Strecke Düsseldorf-Elberfeld zwischen den Stationen Erkrath und Hochdahl gelegene die einzige in Deutschland. Hier sind auf der mit $33 \frac{1}{3}$ ‰ abfallenden, 2,4 km langen Rampe drei Gleise angeordnet. Eines davon dient ohne Zuhilfenahme des Seiles für die thalabwärts fahrenden Züge, deren Bremskraft durch besonders eingestellte schwere Bremswagen entsprechend erhöht wird. Die beiden anderen Gleise sind für die Bergfahrt der Züge bestimmt. Der Betrieb geht jetzt in der Weise vor sich, daß der an das Seil geschlossene Zug von einer Lokomotive gezogen, von einer zweiten geschoben wird, während gleichzeitig an dem anderen um eine Umkehrrolle geführten Seilende eine Lokomotive zu Thal fährt. Die vorgenannte Schiebelokomotive bleibt an dem oberen Rampenende halten und fährt später am Seile abwärts, um einem anderen zu Berg gehenden Zuge die Fahrt zu erleichtern.

Auch die ersten in London einmündenden Bahnen zeigten im Stadtgebiete Seilbetrieb. Ihre Gefällverhältnisse hatten allerdings hierzu nicht Anlaß gegeben, sondern die Vorschrift, die Züge ohne Rauchentwickelung in das Stadtinnere zu leiten. In dieser Weise wurde z. B. die im Jahre 1840 unter Leitung Stephensons auf 6 km langem Steinviadukt errichtete, von Greenwich nach London führende Blackwall-Bahn betrieben. Hier wurde zum erstenmal für das Anhängen der Wagenzüge an das endlose Seil und für ihr Loskuppeln eine zweckmäßig gestaltete Greifervorrichtung angewendet. Mit dem schnell anwachsenden Verkehre jener Riesenstadt verschwanden aber diese Seiltriebe wieder und die Lokomotive trat in ihre Rechte. Immerhin sind jene die Vorläufer der heutigen „Kabelbahnen“, wie die mit endlosem Seil arbeitenden Linien zum Unterschied von den vorerwähnten Seilbahnen mit offenem Seil, kurz als „Seilbahnen“ bezeichnet, genannt werden.

Der erste Vorschlag zur Verwendung eines endlosen Seiles für Eisenbahnzwecke rührt von dem Wiener Professor Purkinje her. Dieser wollte (nach Prechtls Jahrbüchern des polytechnischen Instituts Wien, 1825) Eisenbahnen mit Pferden betreiben. Die größeren Steigungen sollten auch durch schiefe Seilebenen überwunden werden, aber deren Seil in sich geschlossen, also endlos sein und an beiden Rampenenden um eine Rolle laufen. Die untere Rolle sollte durch einen Göpel, die heute noch viel benutzte Maschine für Muskelkräfte, angetrieben werden und zwar „von denselben Pferden, welche die Last in der Ebene gezogen haben. Auf diese Art ziehen die Pferde die Lastwagen hinauf, gehen selber ganz ledig hinauf und setzen ihren Zug auf der Ebene wieder fort.“ Die erste praktische Verwendung des endlosen Seiles für Eisenbahnzwecke wurde in England gemacht.

In erneuerter Form sind die Kabelbahnen seit den 70er Jahren besonders in amerikanischen und einigen englischen Städten in Aufnahme gekommen. Auch im Hügellande sind sie zuweilen angelegt (Pyrmonter Bergbahn 1897). Sie sind aber in den letzten Jahren durch die elektrischen Bahnen sehr zurückgedrängt worden. In stark hügeligen Städten behaupten sie allerdings auch jetzt noch siegreich das Feld, wie in San Francisco mit Steigungen bis 230 ‰ und Portland mit solchen bis 300 ‰.

In San Francisco läuft das endlose von Rollen gestützte und geführte Seil in zwei parallelen, in die Straßenfahrbahn gebetteten eiförmigen Kanälen, die aus Beton und in etwa $1 \frac{1}{2}$ m Abstand verlegten eisernen Rohrstücken bestehen Oben besitzen diese Kanäle einen etwa 2 cm breiten Schlitz, durch den die am Wagengestell sitzende Greifervorrichtung hindurchragt, deren Backen durch Hebel oder Schraubendruck an das Seil gepreßt werden. In dem Kraftwerk ist letzteres mehrmals um 2 hintereinander liegende Trommeln geschlungen, die von einer Dampfmaschine während der Betriebszeit ununterbrochen gedreht werden. Eine selbstthätige Spannvorrichtung hält das Kabel stets straff, so daß seine durch Wärme und mechanische Dehnung bewirkten Längenänderungen ohne Einfluß auf die Seilspannung bleiben. Die erste Seilbahn San Franciscos wurde 1873 von Hallidie gebaut. Seitdem bestehen dort 6 verschiedene Kabelgesellschaften, die über ein Netz von 70 km Doppelbahn mit einer gesamten Seillänge von etwa 160 km (einschl. der Leitungen nach den zusammen 3000 Pferdestärken entwickelnden Kraftwerken und nach den Wagenschuppen) verfügen. Die größte Seillänge beträgt $8 \frac{1}{2}$ km, das Gewicht dieses Riesenseils 31 500 kg. Längere Straßen werden durch mehrere hinter einander geschaltete Kabel von verschiedenen Kraftwerken aus betrieben. Die

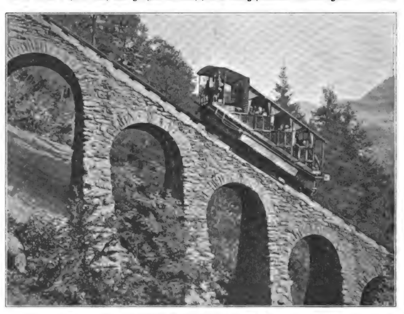


334. Die Grütschalpbahn bei Lauterbrunnen.
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob“ in Zürich.

Digitized by Google

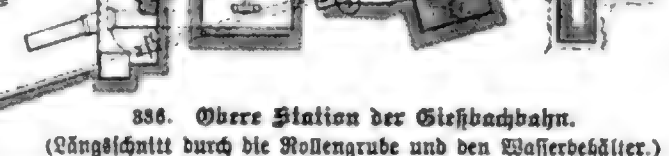
Wagen werden am Ende des 1. Seiles von diesem losgekuppelt, laufen vermöge ihres Beharrungsvermögens auf das 2. Seil über und werden dann mit diesem verbunden. Das An- und Loskuppeln vollzieht sich schnell und mit Leichtigkeit. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 12 km/St. und mehr. Die Seile halten etwa 9 bis 12 Monate. Die Anlagekosten sind erheblich und belaufen sich durchschnittlich auf rund 130 000 ℳ für das km. Die elektrischen Straßenbahnen mit oberirdischer Zuleitung stellen sich wesentlich billiger im Bau, dabei einfacher in der Unterhaltung, weshalb sie auch die Kabelbahnen aus den meisten übrigen Städten, wie erwähnt, verdrängt haben.

In den 60er und folgenden Jahren bemühte sich der Ingenieur **Agudio** lebhaft um die Einführung der nach ihm benannten Seilebene. Hier dient ein endloses, über Rollen geführtes und durch eine feststehende Kraftmaschine bewegtes Seil dazu, 2 Zahnräder eines besonderen, mit großen Rollenscheiben ausgestatteten Treibwagens — Lokomotor genannt — anzutreiben. Dieser schiebt dann seinerseits den Wagenzug die Steilrampe hinauf, wobei er mittels der Zahnräder an einer inmitten des Gleises verlegten Zahnstange emporklettert. Durch eine Reibungskuppelung läßt sich der Treibwagen nach Bedarf mit dem Zugseile kuppeln, so daß der Zug unabhängig vom Gange der Betriebsmaschine durch den Führer beliebig angefahren und angehalten werden kann. Die Seilgeschwindigkeit ist wesentlich größer als die Fahrgeschwindigkeit des Wagens, weshalb das Seil hier leichter im Gewicht und biegsamer ausfällt, als bei den vorerörterten beiden Seilbahnarten. Seine Bewegungswiderstände sind daher geringer, und es lassen sich auch schärfere Gleisbögen anlegen als bei den letzteren. Die erste Seilebene dieser Art wurde versuchsweise 1864 auf der mit ungünstigen Steigungen erbauten Bahnlinie Turin-Genua in 2,4 km Länge eingerichtet. Hier war noch statt der Zahnstange ein am oberen Rampenende verankertes und unten gespanntes „Leitseil“ benutzt, das sich um die Rollen des Lokomotors schlang und an welchem sich dieser mittels der durch das endlose Treibseil zugeführten Betriebskraft hinaufarbeiten mußte. Diese Anordnung hatte große Ähnlich-



335. Viadukt der Grütschalpbahn bei Lauterbrunnen.
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob“ in Zürich.

keit mit der Ketten- und Seilschiffahrt (Elbe, Rhein u. s. w.), nur daß bei dieser die Treibkraft auf dem Schleppschiff selbst erzeugt wird. Bei der zweiten, am Mont Cenis erbauten Seilebene (größte Steigung 385 ‰) wandte Agudio statt des Schleppseils zum erstenmal die inmitten des Gleises verlegte doppelte Zahnstange an, in die beiderseits wagerecht liegende Stirnräder des Lokomotors eingriffen. Diese Antriebsweise finden wir später bei den Lokomotiven der Pilatusbahn (S. 140 u. 231) in abgeänderter Form wieder, wie denn diese neuere Bauart eigentlich eine Zahnbahn darstellt, deren Treibwagen die Betriebskraft ständig von außen zugeführt erhält. Derartige Seilebenen von 6 bezw. 3 und 2,7 km Länge wurden seiner Zeit für die Gotthardbahn in Vorschlag gebracht, um die großen kostspieligen Tunnelschlingen bei Wasen, Dazio Grande und Giornico (vergl. S. 123 bis 126) zu vermeiden. Die Treibkraft zur Seilbewegung sollte aus der Reuß und dem Tessin mittels Turbinen gewonnen werden. Glücklicherweise verblieb es bei dem Vorschlage; denn die Gotthardbahn wäre dann nimmer eine **Weltbahn** geworden.



336. Obere Station der Gießbachbahn.
(Längsschnitt durch die Rollengrube und den Wasserbehälter.)

Im Jahre 1884 endlich wurde der Agudiosche Seilbetrieb für die 3,1 km lange Bahn nach der Superga bei Turin verwendet. Die größte Steigung dieser Linie beträgt 200 ‰, der kleinste Krümmungshalbmesser 300 m. Das Seil wiegt 9750 kg und läuft mit etwa $12\frac{1}{2}$ m Geschwindigkeit in der Sekunde. Der Treibwagen bewegt sich mit etwa $2\frac{1}{2}$ m Geschwindigkeit = 9 km in der Stunde und vermag eine Bruttolast von 36000 kg die Bahn hinaufzuschieben. Die Bahn wird viel befahren, da die Superga durch die den Gipfel schmückende Grabkirche des italienischen Königshauses einen besonderen Anziehungspunkt bildet.

Agudios Seilebene ist auch jetzt wieder bei dem in Aussicht genommenen östlichen Ausbau der S. 101 genannten Peruanischen Südbahn in Vorschlag gebracht. Hiernach soll durch sie der 2,5 km lange Abstieg von dem 3820 m ü. M. gelegenen Puno (am Titicacasee) nach La Paz hinab mit 172 ‰ Gefälle genommen werden.

Erhöhte Bedeutung haben in den letzten Jahren die mit offenem Seil arbeitenden Seilbahnen durch Erschließung der Gebirgswelt erhalten. Sie sollen daher im folgenden etwas näher geschildert werden, zumal sie beredte Beispiele für den menschlichen Wagemut und Erfindungssinn bilden.

337. Untere Station der Gießbachbahn.
(Leitschiene für das Entleerungsventil des Wagens.)

Wie schon im Abschnitt „Linienführung", S. 106 erörtert wurde, wählt man bei Steigungen größer als 300 ‰ zweckmäßig den Seilbetrieb. Hierdurch wird die Arbeit erspart, welche beim Zahnbahnbetrieb durch die Eigenbewegung der schweren Lokomotive verzehrt wird, also nutzlos verloren geht, und die gerade hier bei den bedeutenden Steigungen beträchtlich sein würde. Anderseits hat auch der Seilbetrieb seine Nachteile. Einmal ist seine Leistungsfähigkeit eine beschränkte, und sodann hängt die Sicherheit des Betriebes in erster Linie von dem Zustande des Treibseiles ab. Die Gefahr eines Seilbruches bedingt besondere Sicherheitseinrichtungen und scharfes Überwachen des Seiles. Es kommen übrigens auch Seilbahnen mit geringerer Steigung vor. So hat die älteste dieser Seilbahnen, die 1862 auf dem Croix Rousse bei Lyon erbaute 160 ‰ Steigung, während die älteste Schweizer Seilbahn Ouchy-Lausanne (1877 eröffnet) sogar nur 116 ‰ größte Steigung aufweist. Die stärkste Steigung für diese Bahnen findet sich bis jetzt bei größeren Anlagen mit 634 ‰ (1 : 1,58) auf der Vesuvbahn. Steilere Bahnen

größerer Länge sind zwar angestrebt worden, aber bis Ende der 90er Jahre nicht zur Ausführung gebracht. So wurde z. B. in der Schweiz, die zur Zeit 17 Seilbahnen mit Personenbeförderung besitzt, vor einigen Jahren der Entwurf zu einer Bahn mit 740 ‰ größter Steigung von der Aufsichtsbehörde abgelehnt, weil nach deren Ansicht der Betrieb so steiler Gleisrampen sich mit den bisher üblichen Einrichtungen nicht genügend sicher gestaltet. Steigungen von 600 bis 620 ‰ kommen dagegen mehrfach vor, so bei der San Salvatore-Bahn am Luganer See, der weltbekannten Lauterbrunnen-Grütschalpbahn, von der Abb. 334 eine Gesamtansicht, Abb. 335 einen Teil eines ihrer Viadukte mit dem Wagen wiedergibt, und bei der Stanserhornbahn (Abb. 69, S. 107). Für kleinere Bahnen dagegen hat man in der Neuzeit eine Steigung selbst von 780 ‰ (1 : 1,3) zugelassen (Seilbahn Pilar-Bahia, erbaut 1897).

Gewöhnlich läuft auf solcher Bahn ein Wagen abwärts, wenn ein anderer aufwärts gezogen wird. Hierdurch tritt ein je nach der Steigung der beiden Gleisabschnitte größerer oder kleinerer Ausgleich der zu hebenden Last ein, der den Kraftbedarf für den Bahnbetrieb vorteilhaft mindert.

Bei den bisherigen Ausführungen wird das Seil entweder unmittelbar durch eine Dampf-, Gas- oder Wasserkraftmaschine (Turbine) bewegt oder mittelbar durch eine solche, indem deren Arbeit zunächst in elektrische Energie umgeformt und diese dann an der Verbrauchsstelle in mechanische Arbeit zurückverwandelt wird, oder aber endlich, indem man den abwärtsfahrenden Wagen durch Auffüllen eines an ihm befindlichen Behälters mit Wasser ein Wasserübergewicht gibt, dessen Schwerkraft dann treibend wirkt. Ist das Wasser ohne besondere Kosten zu beschaffen, so stellt sich eine solche Betriebsart am wirtschaftlichsten. Am teuersten ist Dampf- oder Gaskraftbetrieb, da hier bekanntlich nur ein geringer Teil der Wärmemenge, die im Brennstoff enthalten ist, in nutzbare Arbeit umgewandelt werden kann. Die beste Dampfmaschine vermag ja höchstens bis 15 % dieser Wärmemenge auszunutzen, eine gute Gaskraftmaschine bis etwa 30 %.

338. Eiserner Viadukt der Gießbachbahn. (Länge 190 m.)

Einige Beispiele für die verschiedene Betriebsart gibt nachstehende Übersicht:

Bahnanlage	Länge der Bahn im Gleise m	Höhenunterschied der Endstationen m	Größte Steigung ‰	Betriebsart
Vesuvbahn*)	820	390	634	Dampfmaschine
Budapest (Ofener Schloßberg) .	800	50	620	"
Hâvre-La Côte	330	75	446	"
Ouchy-Lausanne**) . . .	1480	102	116	Turbine
San Salvatore (Lugano) . .	1650	602	600	Elektromotor
Stanserhorn***)	3920	1400	620	"
Bürgenstock†)	936	440	577	"
Gießbach	345	93	320	Wasserballast
Lauterbrunnen-Grütschalp .	1372	674	620	"
Heidelberg††)	489	172	430	"

*) Die Bahn ist einschienig und besitzt 2 Gleise.

**) Das Zugseil ist um eine Windetrommel geschlungen und zwar fünfmal, so daß die beiden Wagenzüge beim Stillstand der Turbine (Doppelrad mit 180 m Wasserdruckhöhe) sicher gehalten werden.

***) Die Bahn bildet drei getrennte Abschnitte von 1610, 1070 und 1240 m Länge.

†) Die Bahn ist auf ihrem mittleren Abschnitt sowohl in senkrechter wie in wagerechter Ebene gekrümmt, verläuft hier sonach in einer Schraubenlinie. Dieser Fall kommt auch auf der elektrischen Untergrundbahn City and South London Railway S. 360 vor.

††) Das Wasser wird nach der oberen Station Molkenkur hinaufgepumpt.

Digitized by Google

In dem Falle, wo das Übergewicht des zu Thal fahrenden Wagens die Betriebskraft liefert, steht dieselbe ohne weiteres nicht an allen Punkten der Bahnlinie im Gleichgewicht mit den Widerständen der bewegten Wagen. Die mitzugebende Wassermenge muß für die ungünstigste Stelle der Bahn berechnet werden, damit der Wagen (mit offenen Bremsen) anfahren kann, selbst wenn auf dieser Stelle die Wagen durch Anziehen der Bremsen zum Halten gekommen waren. Je nach der Besetzung der beiden Wagenzüge durch Personen und Gepäck wird eine größere oder kleinere Wassermenge aufgefüllt. Durch Fernsprecher wird von der unteren Station der oberen die jeweilige Belastung mitgeteilt. Mittels eines auf dem Führerstande angebrachten Schauglases, dessen Einteilung sowohl nach Kubikmeter als auch nach der Personenzahl getroffen ist, bemißt der Wagenwärter die jedesmal aufzufüllende Wassermenge. Die Wagen tragen zu dem Zweck am oberen Ende einen trichterförmigen Rohrstutzen, der sich in der höchsten Wagenstellung über das freie Ende des Füllrohres schiebt. Der Wärter hat dann nur das Absperrventil zu öffnen und den unten am Wagengestell befindlichen eisernen Behälter bis zu der betreffenden Marke an der Wasserstandsröhre zu füllen. Ein solches Füllrohr ist links in Abb. 336 sichtbar. Letztere ist gleich wie Abb. 337 u. 341 Walloths Drahtseilbahnen entnommen. Durch vorsichtiges Bremsen kann die Fahrgeschwindigkeit etwas geregelt werden. Nähert sich der zu Thal gehende Wagen seiner Endstation, so streift ein senkrechter Stift des am Boden des Wasserbehälters befindlichen Ablaßventils eine neben dem treppenförmigen Bahnsteig angebrachte geneigte Eisenschiene (Abb. 337), wodurch das genannte Ventil gehoben und das Wasser selbstthätig zum Abfließen gebracht wird. Der Betrieb einer Seilbahn durch Wasserballast ist sonach höchst einfach und, wenn das Füllwasser einem natürlichen Wasserlauf ohne Pumparbeit entnommen werden kann, auch sehr billig.

339. Dreischienige Seilbahn auf den Beatenberg mit Ausgleichseil.
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob“ in Zürich.

Ein sprechendes Beispiel hierfür ist die im Jahre 1879 von Roman Abt am Gießbach erbaute Seilbahn, deren Eisenkonstruktion Abb. 338 wiedergibt. Diese 345 m lange Linie

Digitized by Google

hat 117 600 Mark in der Anlage und Ausrüstung gekostet. Die jährlichen Betriebsausgaben belaufen sich auf rund 2000 Mark. Da die Bahn im Jahre von etwa 16 000 Personen befahren wird und der Fahrpreis 1 Frank (80 Pfennig) beträgt, so ist eine Verzinsung einschließlich Abschreibung der Bausumme von mindestens 9% gesichert. Allerdings weist diese Bahn das beste Ertragsergebnis in der Schweiz auf, während manche andere Seilbahn sich kaum bezahlt macht. Das seiner Zeit dort herrschende Eisenbahnfieber hat eine Anzahl Bahnen ins Leben gerufen, die bei der kurzen jährlichen Betriebszeit einen enormen Fremdenverkehr zur Voraussetzung haben müssen, wenn die Anlage sich einigermaßen verzinsen soll.

Ungünstig auf die Fahrgeschwindigkeit wirkt das **Seilgewicht**. Es ist zu Beginn der Fahrt beim abwärtsfahrenden Zuge = Null, bei dem zu Berg gehenden dagegen ein Maximum, da hier das Gewicht des ganzen Seiles zur Wirkung kommt. Dieses ist oft erheblich und beträgt beispielsweise auf der Lauterbrunnen-Grütschalpbahn 4800 kg. Mit

340. **Umsteigestation der Stanserhornbahn.**
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob" in Zürich.

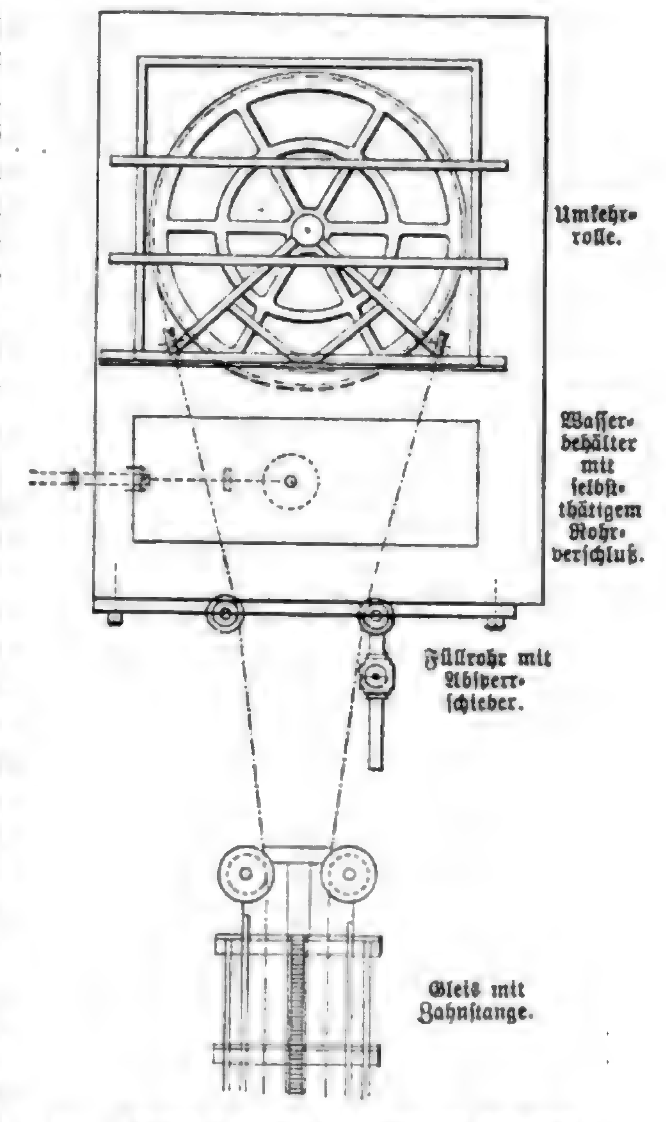
fortschreitender Fahrt nimmt das Seilgewicht für den Bergzug ab, dessen Widerstand sinkt also, während es bei dem Thalwagen anwächst und damit dessen treibende Kraft vergrößert. Dadurch würde aber bei gleichmäßigem Gefälle der Bahn eine Beschleunigung der Fahrt hervorgerufen werden. Der Betriebssicherheit wegen darf aber die Fahrgeschwindigkeit eine bestimmte Grenze nicht überschreiten. Eine schnelle Verminderung zu großer Fahrgeschwindigkeit durch kräftiges Bremsen ist nicht ohne Gefahr; einmal kann das Zugseil beim Thalzuge außer Spannung kommen, was den zu Berg gehenden Zug zurückschnellen lassen würde, und sodann auch sucht sich der schnell gebremste Wagen um seine untere Kante zu drehen, was ein Entgleisen herbeiführen kann. Eine auf Beschleunigung wirkende Triebkraft ist daher unzulässig; das Seilgewicht muß somit ausgeglichen werden. Hierzu dienen verschiedene Mittel.

Der einfachste Weg, den Seileinfluß gänzlich aufzuheben, ist der, daß man an das untere Ende beider Wagenzüge ein sogenanntes Ausgleich- oder Ballastseil hängt. Dasselbe läuft unten um eine große Rolle und wird zwecks Verhinderung des Schleifens,

Digitized by Google

wie das Zugseil, durch Rollen im Gleis gestützt. Es ist auf diese Weise gleichsam ein endloses Seil geschaffen, das auf eine etwaige Änderung der Triebkraft ohne Einfluß ist und das den Wasserverbrauch ganz erheblich mindert. Ein solches Ausgleichseil erhöht freilich die Kosten, auch belastet es das Zugseil etwas durch seinen Reibungswiderstand und seine Schwerkraft, weshalb die neuesten Seilbahnen keinen Gebrauch von ihm machen. Bei den 17 Schweizer Seilbahnen findet es sich nur zweimal angewendet: bei der Biel-Magglingen- und bei der Beatenbergbahn. In Abb. 339, welche eine Stelle dieser letzteren, vom Thuner See bis zu dem 556 m höher gelegenen malerischen Luftkurort Beatenberg führenden, 1695 m langen Seilbahn wiedergibt, ist das Ausgleichseil unterhalb des Wagens deutlich erkennbar. Sonst besitzt noch die 1880 eröffnete Bahn auf den Vesuv ein solches Ballastseil.

Zwei andere Wege zur Herbeiführung des Seilausgleichs sind folgende: Entweder macht man das Wassergewicht veränderlich, indem mit zunehmender Fahrt ein Teil des im Wagenbehälter befindlichen Wassers von Zeit zu Zeit vom Wagenführer abgelassen wird, wie solches auf der Lauterbrunnen-Grütschalpbahn geschieht, oder man gibt der Bahn nicht ein geradliniges, sondern gekrümmtes Gefälle. Dieses Mittel ist technisch das bemerkenswertere. Nach der vom Ingenieur Vautier in Lausanne zuerst aufgestellten Theorie muß diese Krümmung (in senkrechter Ebene) nach einer Parabel verlaufen, deren Scheitel unten liegt. Es ist dann auch die obere Strecke steiler geneigt als die untere. Infolgedessen wird nicht nur die Triebkraft des zu Thal gehenden Zuges an jeder Stelle der Bahn gleich dem Gesamtwiderstande des zu Berg steigenden Wagens, sondern es wird auch gleichzeitig das Anfahren der Wagen ohne weiteres (nach Einfüllung des Ballastwassers und Lösen der Bremsen) ermöglicht. Es ist dieses wieder eine der vielen hochinteressanten, wissenschaftlich gehaltenen Lösungen technischer Probleme.



341. Umkehrrolle nebst Füllrohr am Gießbach.
(Grundriß zu Abb. 336.)

Ist nun aber die Bahnlänge beträchtlich, so fällt das gesamte Seilgewicht recht groß aus. Man teilt dann die ganze Bahn zweckmäßig in Unterabteilungen und betreibt jeden Abschnitt für sich. Die bei klarem Wetter eine zauberhaft schöne Aussicht auf die Vierwaldstätter- und Berner-Oberland Alpen u. s. w. gewährende Stanserhornbahn mit ihrem herrlichen Rundblick von der oberen Bahnstation und dem 50 m höher gelegenen schmalen Berggipfel (1900 m über dem Meeresspiegel) aus auf die hehre Gebirgswelt ist in dieser Weise in drei Abschnitte zerlegt. Jeder derselben wird für sich elektrisch betrieben*),

*) Die Energie wird mehrere Kilometer vom Stanserhorn entfernt im Thale bei Buochs aus der Engelberger Aa gewonnen. Zwei Turbinen entnehmen dem Flusse 250 Pferdestärken, die durch Dynamos zunächst in elektrische Energie umgeformt und dann mit 1350 Volt Spannung teils zum Bürgenstock (Seilbahn und Hotelbeleuchtung), teils nach Stans (Straßenbahn nach Stansstad), teils nach den drei Stationen der Stanserhornbahn geleitet und hier durch je einen Elektromotor in mechanische Arbeit (Zahnradübersetzung auf die Seilrolle) zurückverwandelt werden.

was hier um so notwendiger war, als die Gesamtlänge rund 4000 m beträgt und das 35 mm starke, aus bestem Stahldraht gefertigte Zugseil 3 ½ kg auf das laufende Meter wiegt. An jedem Teilpunkte ist eine überdachte Umsteigstation angelegt, wo der Fahrgast den Wagen zu wechseln hat (Abb. 340). Ihre terrassenartig gebaute Umsteighalle paßt genau zu den treppenförmig gestalteten Wagen, so daß das Umsteigen bequem und mühelos erfolgt. Lautlos und sanft wird der Wagen bewegt und bei dem Anstieg auf der bis 620‰ geneigten Strecke erweitert sich der Blick auf die seenreiche Gebirgsnatur sehr schnell. Fast glaubt man stellenweise in einem langsam steigenden Ballon sich zu befinden, statt in einem Eisenbahnwagen. Abb. 69 S. 107 zeigt uns das Schlußstück dieser für den Ingenieur wie für den Laien gleich interessanten Bahn. Der prächtige Berg wird von einem alle Bequemlichkeiten bietenden Hotel gekrönt, so daß auch hier der Anblick der erhabensten Naturwelt in aller Bequemlichkeit gewonnen werden kann.

342. Seilbahn auf den Monte San Salvatore mit zwei Schienen und Abtscher Zahnstange.

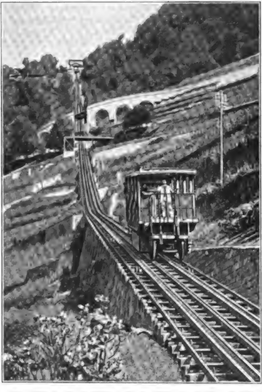
Das Drahtseil darf nicht auf den Schwellen der Bettung schleifen. Sein Widerstand gegen die Bewegung würde sonst viel zu groß und seine Lebensdauer durch Abschleifen der Drähte unnötig verringert werden. Man baut deshalb in 10 bis 16 m Abstand leicht drehbare Rollen, zweckmäßig von etwa 30 cm Durchmesser, in das Gleis ein, deren gerillter Umfang das Seil genügend hoch über der Bettung stützt und damit die sonst vorhandene gleitende Reibung des Seils in die wesentlich geringere rollende Reibung verwandelt. Durch gute Schmierung des ganzen Seiles und der Rollen wird der Reibungswiderstand noch weiter gemindert und die Dauer der Anlage erhöht, worauf auch das Ausfüttern der Tragrollen mit Holz (Nußbaum- oder Eichenholz u. s. w.), das vielfach beliebt wird, von günstigem Einfluß ist. In den Gleiskrümmungen muß

Außerdem werden noch zwei Pumpen elektrisch betrieben zwecks Wasserversorgung der Hotels auf dem Stanserhorn (Abb. 69) und dem Bürgenstock. Bei dieser vielfachen Energieabgabe ist der Arbeitsverbrauch ein sehr schwankender und stellt an die Regulierung des Gleichgangs der Turbinen sehr hohe Anforderungen. Dieselbe wird durch Hand bewirkt, indem ein Arbeiter ständig je nach der Zeigerangabe des Voltmessers den Wasserzufluß auf die Turbinen hemmt oder verstärkt.

Digitized by Google

natürlich das Seil durch entsprechend schräg bezw. senkrecht gestellte Führungsrollen im Bogen geführt werden. Die obere Triebrolle erhält zur Schonung des Seiles einen großen Durchmesser und zwar je nach dessen Dicke 3 bis 6 m. Bei Wasserballastbetrieb genügt eine einfache Rolle, die nach Abb. 336 meist in die Ebene der oberen Bahnneigung gelegt wird.

Abb. 341 zeigt diese Einrichtung, wie sie am Gießbach (Brienzer See) besteht. Wo unmittelbarer Antrieb des Seiles durch eine Kraftmaschine erfolgt, wird dasselbe entweder mehrmals um eine Trommel geschlungen oder um mehrere Rollen (darunter um ein Paar kreuzweise) gelegt. Durch diese mehrfache Umschlingung wird eine so große Reibung zwischen Seil und Trommel bezw. Treibrolle erzeugt, daß diese genügt, die Wagen bei Stillstand der Kraftmaschine auf der ungünstigsten Stelle der Bahn festzuhalten.



343. Seilbahn Territet-Glion mit vier Schienen und Riggenbachscher Zahnstange.

Die Seilbahnen sind entweder ein- oder zweigleisig. Eingleisig sind die Bahnen auf das Stanserhorn (Abb. 69), den Monte San Salvatore (Abb. 342), den Bürgenstock u. s. w. Doppelgleisige Anlagen haben gewöhnlich eine gemeinsame Mittelschiene, so daß sie 3schienig erscheinen, wie die Seilbahn bei Heidelberg, Lauterbrunnen (Abb. 334), auf den Beatenberg (Abb. 339) u. s. w. In wenigen Fällen hat man jedem Gleis zwei besondere Fahrschienen gegeben, hat dann aber die beiden Innenschienen dicht neben einander gelegt. Die Bahn nach Glion bei Montreux (Abb. 343), sowie der untere Teil der Linie von Ouchy nach Lausanne bieten Beispiele hierfür. Dieser gedrängte Gleisbau ermäßigt die Anlagekosten, bedingt aber in der Mitte der Bahn eine Ausweichstelle, damit die beiden in entgegengesetzter Richtung sich bewegenden Wagen ungehindert einander ausweichen können. Bei Doppelgleisen ist die Ausweichung leicht zu machen, auch bei drei Schienen, denn die Mittelschiene braucht nur in zwei Stränge gegabelt zu werden. Bei eingleisiger Strecke war es umständlicher*), bis Abt die sehr einfache Anordnung der Abb. 344 hierfür angab. Die Außenschienen laufen hierbei ohne Unterbrechung durch und die Ablenkung der Wagen aus der Geraden in

*) Am Monte Salvatore ist die Ausweichstelle durch eine Umsteigestation ersetzt. Beide Wagen kommen hier gleichzeitig an, und die Reisenden wechseln dieselben. Jede Bahnhälfte besitzt ihr besonderes Gleis, auf welchem je 1 Wagen läuft. Das Seil ist beiden Strecken gemeinsam und wird auf der Mittelstation angetrieben. Die obere Station hat eine Umkehrrolle, so daß beide Wagen auch gleichzeitig auf den Endstationen ankommen und ebenso diese verlassen.

die Ausweichkurve wird lediglich durch die Räder bewirkt. Zu diesem Zwecke sind diese an der einen Wagenseite mit doppeltem Spurkranz versehen, wohingegen die der anderen Seite glatt-cylindrisch gehalten sind. Die eine Außenschiene der Ausweichstelle führt also den Wagen, die zugehörige Innenschiene stützt ihn nur. Da das Zugseil in gleichem Sinne abgelenkt werden muß, so werden die inneren Schienen hierfür durchschnitten. Doch auch die **Zahnstange**, die bis 1894 alle stark geneigten Seilbahnen aufweisen, vermehrt die Schwierigkeiten der Weiche. Sie hat hier allein den Zweck, ein wirksames Mittel zum Bremsen abzugeben und die Wagen durch sogenannte am Wagengestell befestigte Fanghaken mit dem Gleise zu verankern, so daß sie, namentlich bei der Thal-

344. Abts selbstthätige Ausweichstelle (ohne bewegliche Zungen).

345. Wagen der Seilbahn auf den Bürgenstock.

fahrt, sicher auf den Schienen hinabfahren. Die Zahnradbremse ist sehr wirksam. Eine der Radachsen des Wagens trägt ein Zahnrad, das sich bei der Fahrt in der Zahnstange abwickelt. Neben ihm sitzen Bremsscheiben, auf die nach Bedarf Bremsklötze (aus Rotguß) wirken. Durch Anziehen dieser Bremse läßt sich der Wagen schnell anhalten. Außerdem ist gewöhnlich noch eine selbstthätige Bremse vorhanden, die in Thätigkeit tritt, sobald die Fahrgeschwindigkeit eine gewisse Grenze überschreitet. In diesem Falle löst ein Fliehkraftregulator eine Fallbremse aus, deren Klötze gegen Bremsscheiben drücken, die neben den Wagen- oder Zahnrädern angebracht sind.

Die Zahnstange ist hier wie bei den Zahnbahnen ausgebildet, ist also entweder Riggenbachsche Leiterzahnstange oder Abtsche Lamellenstange (Abb. 155). Die erstere ist für zweischienigen Oberbau wegen der Ausweichung unbequem und bedingt daher dreischienige Gleise. Die Abb. 163 auf S. 167 zeigt eine derartige Oberbau-Anordnung (Grütschalpbahn; vgl. auch Abb. 339). Die Abtsche Zahnstange kann bei zweischienigem Oberbau bequem angewendet werden, wie die Seilbahn Bürgenstock beweist. Durch die Zahnstangen wird aber der Oberbau wesentlich schwerer, wiegt dieser doch z. B. auf der Grütschalpbahn 285 kg auf 1 m, und die Anlagekosten wachsen beträchtlich. Da

auf den Schweizer Seilbahnen überhaupt noch kein Seilbruch zu verzeichnen gewesen ist, so suchten die Ingenieure Bucher und Durrer beim Bau der Stanserhornbahn die kostspielige Zahnstange zu vermeiden. Sie verwendeten dafür nach S. 167 Abb. 162 hohe Fahrschienen, gegen deren Kopf sich die zangenartige Fangvorrichtung (Zangenbremse) des Wagens legt. Nach mehr als 200 eingehenden Versuchen an einer mit 700 ‰ geneigten Probestrecke, die das gute Wirken dieser eigenartigen, aber billigen Einrichtung mit Sicherheit klar legten, genehmigte die Schweizer Aufsichtsbehörde den Fortfall der Zahnstange, und so sehen wir hier zum erstenmal trotz starker Steigung einen wesentlich vereinfachten Oberbau. Reißt das Seil, so legen sich die Zangenenden selbstthätig fest an den Schienenkopf und bringen den Wagen zum Halten.

Die Wagen der Seilbahnen sind, wie bei allen stark ansteigenden Bahnlinien, staffelförmig nach dem Abteilsystem angeordnet (Abb. 345). Sie sind, weil Aussichtswagen, im oberen Teil meistens offen und können bei Regen, Schneetreiben u. s. w. durch Vorhänge geschlossen werden. An den beiden Enden befindet sich der Stand für den Wagenführer. Das Wagengestell ist dauernd mit dem Zugseil in sehr sicherer Weise verbunden. Ein Wagen vermag in der Regel 40 Reisende zu fassen. Abweichungen nach oben wie nach unten kommen vor.

Die Seilbahnen haben viel zur bequemen Aufschließung der Hochgebirgswelt beigetragen und bilden in der verschiedenartigen Kette der Eisenbahnen ein nützliches, dabei technisch höchst bemerkenswertes Bild.

Stadtbahnen.

Das schnelle Anwachsen der großen Städte*) und das dadurch hervorgerufene Bedürfnis verbesserter und vermehrter Verkehrseinrichtungen — sowohl im Inneren, als auch vom Inneren nach den Außenbezirken und umgekehrt — hat in den letzten Jahrzehnten wiederholt, in der Neuzeit des öfteren Anlaß zum Bau von Stadtbahnen gegeben und da, wo solche bereits bestanden, Erweiterungen und Neuanlagen notwendig gemacht. Daneben sind zahlreiche Straßenbahnen entstanden, da Massenverkehr Gleisbahnen bedingt, wie auf Seite 102 zahlenmäßig nachgewiesen wurde. Für Städte mittlerer Größe genügen Straßenbahnen, Großstädte bedingen außerdem noch Stadtbahnen. Erstere dürfen im eigentlichen Stadtgebiet nur mit 10 bis 12 km, im Außengebiet mit 20 bis 25 km Stundengeschwindigkeit befahren werden, wohingegen die Züge der Stadtbahnen mit 40 bis 50 km Geschwindigkeit, also zwei- bis viermal so schnell laufen. Dabei kann die Zugfolge eine äußerst dichte sein, denn sie ist unabhängig vom Straßenverkehr. In London, New York, Budapest u. s. w. ist man mit ihr bis auf zwei Minuten herabgegangen und hat dadurch die Leistung dieser Bahnen ganz erheblich gesteigert. So werden beispielsweise jährlich auf den 82 km langen Londoner Untergrundbahnen 140 Millionen und auf den 51,5 km langen New Yorker Hochbahnen gegen 200 Millionen Reisende befördert, während auf der 56,5 km langen Berliner Stadt- und Ringbahn, auf der die Zugfolge weniger dicht ist, rund 100 Millionen Personen im Jahre fahren, eine Zahl, die noch wesentlich steigen wird. Die Verkehrsstärke einer Stadtbahn verteilt sich auf die einzelnen Tage und Stunden sehr ungleich; auch Witterungseinflüsse machen sich hier geltend. Bei besonderen Gelegenheiten schwillt der Verkehr ganz gewaltig an. So wurden die New Yorker Hochbahnen am 12. Oktober 1892, dem Tage der Kolumbusfeier,

*) Das Wachstum einiger Städte läßt nachstehende Übersicht für das 19. Jahrhundert erkennen:

Stadt	Jetzige Einwohnerzahl rund in Millionen	Vermehrung der Einwohnerzahl in 100 Jahren
Paris	$2^1/_2$	4fach
London	$5^1/_2$	5fach
Berlin	1,7	9fach
Chicago	$1^1/_4$	300fach

von 1075000 Menschen befahren. Wollte man diese Menge in den bei uns vorkommenden größten Personenzügen befördern, d. s. die Militärzüge, die bis 55 zweiachsige Wagen führen, so würden sich 400 vollbesetzte Züge dieser Art ergeben, die, unmittelbar hintereinander aufgestellt, zusammen eine Gleislänge von etwa 230 km, also fast die Entfernung Hamburgs von Osnabrück, bedingen würden.

Stadtbahnen müssen die Straßen freilassen; sie sind daher über oder unter diese zu legen, somit als Hoch- oder Tiefbahn auszuführen. Sie erfordern zur Bewältigung des starken Verkehrs mindestens zwei Gleise. Die dichte Bebauung städtischen Geländes, die oft erstaunlich hohen Bodenpreise im Herzen der Städte, erschweren und verteuern aber die Anlage solcher Bahnen sehr, nicht minder auch die Inanspruchnahme des Untergrundes durch Wasser-, Gas-, elektrische und Rohrpostleitungen, sowie namentlich durch die oft recht umfangreichen Kanäle für die Abwässer.

Die Tiefbahnen werden entweder so tief in das Erdreich gelegt, daß sie unter den Fundamenten der Gebäude sich hinziehen, wobei sie in ihrer Richtung nicht eng an die Straßenzüge gebunden sind — sie heißen dann Untergrundbahnen — oder sie liegen mit ihrem Tunnelscheitel dicht unter dem Straßenpflaster und folgen dann naturgemäß dem Lauf der öffentlichen Straßen; sie werden Unterpflasterbahnen genannt. Hochbahnen werden durch Eisengerüste oder durch Steinbögen, seltener durch Erddämme oder Holzbauten gestützt.

Die älteste Stadtbahn (Untergrundbahn) besitzt London; sie wurde bereits 1853 vom Parlament genehmigt, aber erst 1860 in Angriff genommen. Dann begann Anfang der 70er Jahre der Bau der New Yorker Hochbahnen (Eisengerüste inmitten der Straßen), wiederum fast 10 Jahre später folgte die Berliner Stadtbahn (Steinbögen am Spreeufer, durch die Häuserblocks u. s. w.), bis 1890 in London abermals durch die elektrische Untergrundbahn (gußeisernes Tunnelrohr) ein neues Tiefbahnsystem eingeführt wurde, dem nach einem weiteren Jahrzehnt durch die im Jahre 1900 eröffnete Schwebebahn Elberfeld-Barmen eine ganz neuartige Hochbahn sich zugesellte.

So sind nach und nach — seltsamerweise in fast genau 10jährigen Zeiträumen — 5 Stadtbahnsysteme entstanden. In ihrer Bauart grundverschieden voneinander, haben sie doch alle in gleicher oder abgeänderter Anordnung Nachahmung gefunden. Die Anfang der 90er Jahre eröffnete Zentralbahn in Glasgow ist z. B. mehr oder weniger nach dem Vorbilde der älteren Londoner Untergrundbahnen angelegt, ebenso die Liverpooler, Bostoner und Chicagoer Hochbahn (Abb. 56) nach dem der New Yorker. Der 1898 eröffneten Wiener Stadtbahn hat die Berliner Hochbahn als Vorbild gedient, während die Röhren-Tiefbahn mehrfache Nachahmung in London, Amerika und in Berlin (Spreetunnel) gefunden hat. Auch die Schwebebahn ist nicht auf Elberfeld—Barmen beschränkt geblieben. Die zur Zeit im Bau befindliche elektrische Hochbahn von Siemens & Halske in Berlin, welche streckenweise als Unterpflasterbahn zur Ausführung gelangt, hat für ihre Hochbahnlinien Vorläufer in New York, Chicago und Liverpool, für die Unterpflasterbahn solche in London, Glasgow und Budapest. Boston hat sich als erste amerikanische Stadt den Städten mit Untergrundbahnen angereiht, Paris und New York werden darin in kurzem folgen, während für Berlin ein vollständiges Netz von Untergrundbahnen (schmiedeisernes Tunnelrohr) geplant war, aber behördlicherseits abgelehnt ist. Vorläufig ist nur der Spreetunnel bei Treptow nach dieser Bauweise zur Ausführung gebracht worden.

Jede dieser Anlagen bot eine Fülle großer Schwierigkeiten, die in sehr verschiedener Weise überwunden wurden. Ihre eigenartige Ausführung, zugleich verschieden von den oben erörterten Haupt- und Nebenbahnen, bietet eine wahre Musterkarte von hervorragenden Leistungen der Technik. Nicht minder bemerkenswert ist der Betrieb dieser Bahnen, nirgends finden wir eine so dichte und schnelle Zugfolge wieder. —

Welcher Anordnung nun auch die Stadtbahn sein mag, stets muß ihr Linienzug sich den gegebenen Verkehrsadern der Stadt thunlichst anschmiegen und mittels zahlreicher Stationen anpassen, wenn sie die Straßen entlasten und eine wirkliche Verkehrserleichterung bilden, sowie genügende Einnahmen zur Verzinsung ihres hohen Anlagekapitals erzielen soll. Den Vorzug unter den bestehenden Stadtbahnen verdient in Bezug auf äußere Anlage

Digitized by Google

und Annehmlichkeit des Fahrens zweifellos die Berliner Bahn. Ihre 4 Gleise — zwei für den eigentlichen Stadt- und Vorortverkehr, zwei für den Fernverkehr der Außenlinien — liegen zumeist auf Steinbögen und etwa 5 bis 7 m über dem Straßenpflaster. Der Reisende leidet nicht unter Rauchplage, wie sie anderen Bahnanlagen eigen ist, ihn umgibt nicht Dunkelheit, sondern er erhält in stetem Wechsel einen Ausblick auf das Häusermeer mit seinen belebten Straßen, den Parkanlagen u. s. w. Das ist ein großer Vorzug dieser Stadtbahn, die auch in ihrer Gesamtwirkung keineswegs das Städtebild stört. Im vollstem Gegensatz zu ihr steht natürlich die Untergrundbahn, besonders, wenn diese durch Dampflokomotiven betrieben wird. Hier werden dunkle Tunnel durchfahren oder günstigenfalls tiefe Einschnitte, deren Mauern ebenfalls den Ausblick hindern. Die Tunnelluft ist häufig sehr schlecht, weil stark mit Rauchgasen durchsetzt, kurzum, eine Fahrt auf solcher Bahn ist wenig angenehm. Besser sind in Bezug auf die Luftverhältnisse die elektrisch betriebenen Tiefbahnen, wie überhaupt dieser Betrieb ob seiner Reinlichkeit und sonstigen Vorzüge für Stadtbahnen vorzuziehen ist.

Die amerikanischen Hochbahnen wiederum fallen durch ihre derbe und unschöne Anordnung auf, die die Straßen verunstaltet und die Häuser entwertet. Auch leiden die Anwohner durch den Lärm der Züge und in New York durch den Lokomotivrauch. Ebenso ist die Liverpooler Hochbahn kein Muster gefälliger Bauart. Alle diese Bahnen würden schwerlich in einer Großstadt des europäischen Festlandes in dieser Ausführung Nachahmung finden. Vorteilhaft gegen sie stößt die zur Zeit im Bau begriffene Berliner elektrische Hochbahn ab. Hier ist nicht lediglich die Rücksicht auf den Zweck der Anlage ausschlaggebend gewesen, sondern es ist auch auf eine möglichst gefällige Form des Eisengerüstes gehalten worden, soweit sich solche bei einem derartigen Nutzbau und Baustoff erreichen läßt. Gewinnen können allerdings die Straßen wohl niemals durch Hochbahnen. Man darf aber anderseits auch nicht die ästhetischen Rücksichten allzusehr in den Vordergrund schieben, ist doch der Nutzen einer Stadtbahn für die großstädtische Bevölkerung ein erheblicher und ist die Entlastung der Straßen eben nur durch eine solche Anlage zu erreichen, wenn man nicht zur Tiefbahn greifen will.

Um den Straßen möglichst wenig Luft und Licht zu nehmen und ihr Äußeres weniger zu beeinträchtigen, sind in den letzten zwei Jahrzehnten zahlreiche Vorschläge zu eigenartigen, jene Übelstände wesentlich mildernden Hochbahnen gemacht worden. In erster Linie ist man darauf bedacht gewesen, den Gleisunterbau möglichst schmal zu gestalten und die Wagen über seine Längsträger, neben sie oder unter sie zu hängen. Gleichzeitig hat man nur eine Fahrschiene oder zwei nahe aneinander gerückte Schienen benutzt und die seitlichen Schwankungen der Wagen in Gleisbögen, bei Wind u. s. w. gewöhnlich durch Stützschienen verhindert, auf oder gegen die sich die Wagen mittels Rollen stützen. Solche Bahnen mit nur einer Fahrschiene hat man wohl Einschienenbahnen genannt, obgleich diese Bezeichnung nur für die weiter unten erörterte Langensche Hänge- oder Schwebebahn zutreffend ist. Der Ausdruck „Hänge- bezw. Schwebebahnen" ist übrigens auch üblich für alle diese Bahnen, gleichgültig, ob die Wagen durch mehrere Schienen abgestützt werden oder frei an einer einzigen Schiene hängen. Über ihre Entwickelung und Einzelheiten ist am Schlusse dieses Abschnittes näheres gebracht. Einige der bemerkenswerteren Stadtbahnen seien hier kurz erörtert.

Die Londoner Untergrundbahnen.

Auf der S. 86 beigefügten Tafel des Londoner Eisenbahnnetzes sind die Untergrundbahnen in rot dargestellt. Die Hauptlinie unterfährt in einer unregelmäßigen Ellipse den mittleren Teil des Londoner Häusermeeres. Sie heißt „Innenring", ist 21 km lang und berührt 27 Stationen, deren Entfernung voneinander bis auf 300 m herabgeht. Im Westen schließt sich ein zumeist oberirdisch geführter halbkreisartiger Gleiszug mit acht Stationen an, der sogenannte Mittelring, von dem wieder eine den ganzen Norden Londons durchziehende oberirdische Linie, Außenring genannt, ausläuft. Alle drei Ringe werden von Untergrundzügen befahren; die letzteren beiden auch von zahlreichen Vorortzügen verschiedener Hauptbahnen, so daß durch die Untergrundlinien eine vortreffliche Verkehrs-

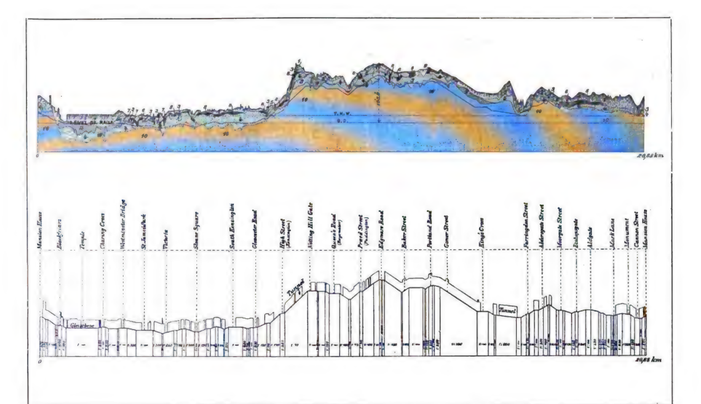
erleichterung geschaffen ist, zumal sie selbst durch die unter den Docks und der Themse sich hinziehende East Londonbahn sowie durch verschiedene zu Tage liegende Außenlinien unmittelbare Verbindung mit Londoner Vororten erhalten haben. Hierzu trägt namentlich auch ein später ausgeführtes und unter dem Namen „The Widened Lines“ bekanntes Gleispaar bei, das sich zwischen den Stationen King's Croß und Moorgate Street eng an den Innenring anschmiegt, dessen Tunnel bei Farringdon Street unterfährt und daher jenem anfangs außen, sodann innen benachbart ist. Diese Wideneb Lines vermitteln einen lebhaften Verkehr zwischen den im Osten Londons gelegenen Hauptbahnhöfen nördlich und südlich der Themse. Sie werden nach S. 318 täglich von 654 Zügen befahren und zwar von Personen-, Güter- und Viehzügen in buntem Durcheinander.

Ein unmittelbarer Anschluß des Innenrings an die Personengleise der Londoner Hauptbahnen besteht allerdings nicht, die meisten großen Kopfbahnhöfe sind jedoch durch Fußgängertunnel mit den Untergrundlinien verbunden; auch mehrere unterirdische Güterbahnhöfe sind angeschlossen (vergl. Abb. 53). Zwei Gesellschaften betreiben diese Bahnen und zwar in scharfem Wettbewerb. Der erste Entwurf zu der unterirdischen Anlage rührt von John Fowler, dem späteren Erbauer der Firth of Forthbrücke (Abb. 112) her. Es ist dieses der nördliche, 1860 begonnene Linienzug, welcher der Metropolitan Eisenbahngesellschaft gehört. Der südliche Abschnitt, der Metropolitan Distriktbahngesellschaft gehörig, wurde 1870 erbaut, als der jetzt eine der schönsten Straßen Londons bildende Themsekai in dem alten Flußbett angelegt wurde. Lange Jahre blieb der Innenring ungeschlossen, das nur 2800 m lange Schlußstück Mansionhouse-Aldgate wollte anfangs keine Gesellschaft seiner hohen Kosten wegen ausbauen, bis es schließlich von den beiden Bahnverwaltungen gemeinsam ausgeführt wurde; damit war endlich 1884 der Innenring vollendet.

Die Baugeschichte dieser Bahnen ist eine Geschichte voller Mühen und Schwierigkeiten aller Art. Schon die Steigungsverhältnisse weisen darauf hin. Das Londoner Gelände ist stark hügelig, die Bahnen schmiegen sich ihm eng an. Infolgedessen wechselt die Höhenlage der Gleise außerordentlich. Auf dem südlichen Abschnitt liegen sie 6,4 m unter Themsehochwasser, auf dem nördlichen dagegen $27\frac{3}{4}$ m darüber. Ihre größte Tiefe unter der Erdoberfläche beträgt 20 m, ihre geringste 5 m. Starke Steigungen waren daher nicht zu vermeiden; solche von 10‰ (1:100) kommen des öfteren vor, selbst auf 800 und 1600 m Länge; auch 14‰ = 1:70 ist mehrfach vorhanden, während auf Anschlußrampen sogar 25 und 26‰ sich findet. Ungünstig sind auch die Neigungsverhältnisse der East London-Bahn, wie aus Abb. 348 ersichtlich ist. Der ganze Innenring liegt nahezu in Krümmungen, welche zumeist nur 200 m Halbmesser besitzen. Wo man der Lüftung wegen u. s. w. offene Einschnitte statt der Tunnel gewählt hat, findet man solche häufig bis zu 10, selbst 13 m Tiefe. Die Untergrundbahnen zeigen also fast das Gepräge einer Gebirgsbahn, wie auch Abb. 346 u. 347*) erkennen lassen. Selbst Stationen liegen mehrfach in starker Steigung und scharfer Krümmung. Ihre Anlage war in den meisten Fällen mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft.

Bei Beurteilung der Bauarbeiten dieser Bahnen ist besonders in Betracht zu ziehen, daß vor 40 Jahren noch keinerlei Erfahrungen über städtische Untergrundlinien vorlagen. Den bauleitenden Ingenieuren wurde dadurch ihre verwickelte Aufgabe ungemein erschwert. Sir Benjamin Baker, der Mitarbeiter Fowlers an diesen Bahnen und nachher auch an der Firth of Forthbrücke, äußerte selbst später in einem Vortrage, daß er aus persönlicher Erfahrung bezeugen könne, ein wie großer Teil derjenigen technischen Fragen, deren Lösung jetzt klar gegeben und sicher vorgezeichnet sei, derzeit eingehende Besprechungen und Erörterungen verursacht hätte, ehe die Bauleitung sich zur Ausführung entschließen konnte. Damals habe man noch nicht gewußt, in welcher Weise Ausschachtungen in der Nähe großer Gebäude auszuzimmern und wasserfrei zu halten wären, ohne letztere zu gefährden und den Sand unter ihren Fundamenten fortzuziehen, wie letztere zu unterfangen und abzustützen wären, wie die Abzugskanäle über oder unter der Bahnlinie fortgeleitet, wie

*) Die Abb. 351—365 sind den in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1891/92 über die Londoner Untergrundbahnen veröffentlichten Aufsätzen des Verfassers entnommen; vgl. auch L. Troske, „Die Londoner Untergrundbahnen 1892“.



346 u. 347. **Boden- und Neigungsverhältnisse des Innenrings der Londoner Untergrundbahnen.**

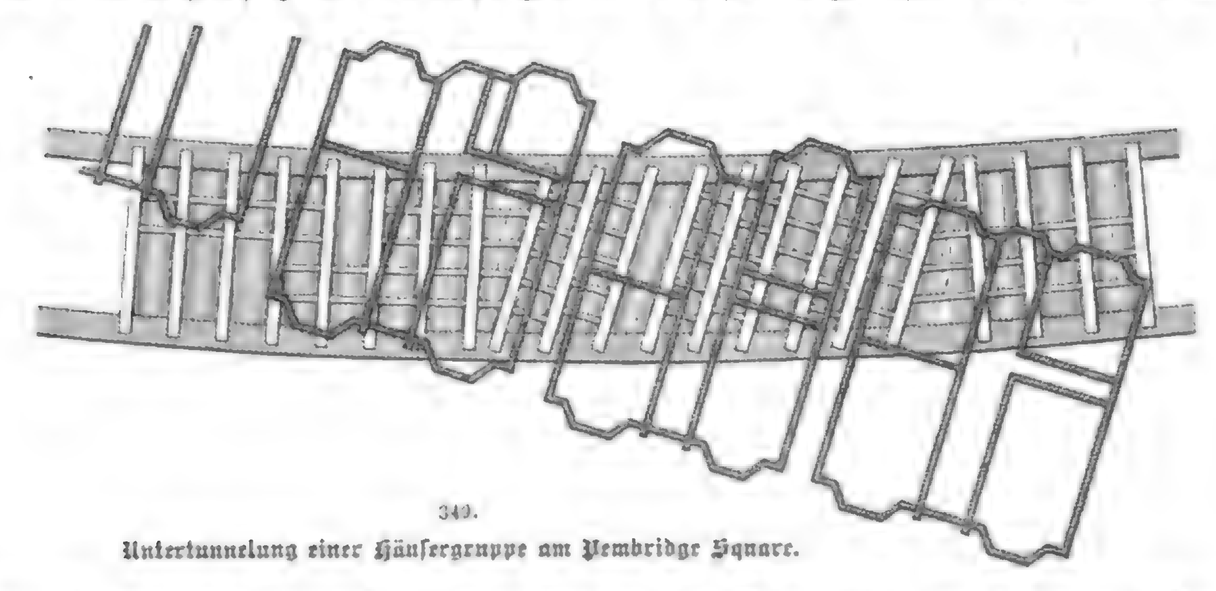
THW Themsehochwasser, OD Nullpunkt, 1 Kulturschicht, 2 Schlamm, 3 Sand, 4 sandiger Kies, 5 thoniger Kies, 6 Torf, 7 schlammiger Thon, 8 Lehm, 9 gelber Thon, 10 blauer Thon.

Stadttunnel getrieben und die Gleise unter Häusern fortgeführt würden, ohne letztere niederreißen zu müssen, wie Einschnitte ausgemauert und namentlich Ziegelgewölbe angeordnet würden, um hohe, schwere Gebäude mit Sicherheit, selbst einseitig tragen zu können, wie Eisenträger das umliegende Mauerwerk durch ihre Ausdehnung und Zusammenziehung beeinflussen würden, wie der Straßenverkehr oberhalb der Bahnarbeiten aufrecht zu erhalten wäre, und eine Menge Fragen ähnlicher Art.

Wie schnell die Größe der Bauten bei diesen Bahnen mit zunehmender Erfahrung wuchs, mögen folgende Beispiele bezeugen.

348. Steigungsverhältnisse der East London-Bahn.

Als der älteste Teil der Bahn 1861 unter einer Häusergruppe am Crescent-Park hergeführt werden mußte, wurden deren über der zukünftigen Bahnlinie stehenden Teile niedergerissen und nach Ausführung des Tunnelmauerwerks auf schmiedeisernen Kastenträgern neu wieder aufgebaut. Vier Jahre später wurden bereits in ähnlichem Falle am Pembridge Square die Häuser erhalten. Unterhalb derselben wurden die Seitenwände des Tunnels nach und nach in kurzen Längen aufgebaut und dann nach Abb. 349 über sie eiserne Tragbalken gelegt, auf die sich wiederum Querträger stützen. Letztere wurden durch die Gebäudefundamente gezogen und bilden seitdem eine sichere Unterlage für die Wohnhäuser, unter denen sich der gewaltige Zugverkehr Tag und Nacht abspielt. — Am Crescent-Park wurde die Küche der Häuser nur durch eine Balkenlage aus altem Schiffsholz von der Bahn getrennt, am Pembridge Square sind bereits Ge-



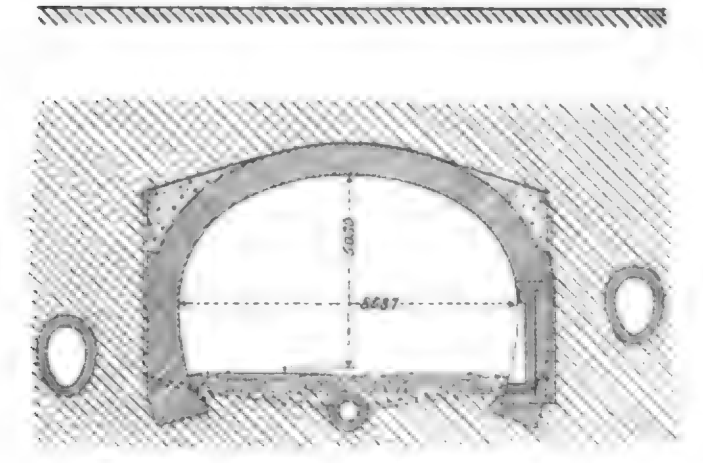
349. Untertunnelung einer Häusergruppe am Pembridge Square.

wölbekappen aus Ziegeln hierfür angewandt. Im Jahre 1861 hegten die englischen Ingenieure Zweifel, ob Bauten aus Stein und Eisen haltbar sein würden. Man führte deshalb die Front der ersten Station aus Holz auf und stützte sie durch 15 m lange Eisenträger. Im Jahre 1865 zögerte man beim Bau der Moorgatestation nicht mehr, eine Ziegel- und Sandsteinfront im Gewicht von 26 000 Zentner auf 41 m langen Eisenbalken zu errichten. Wie sind seitdem die Leistungen der Ingenieurkunst gewaltig gewachsen! (Vergl. hierüber auch S. 112 u. 130.)

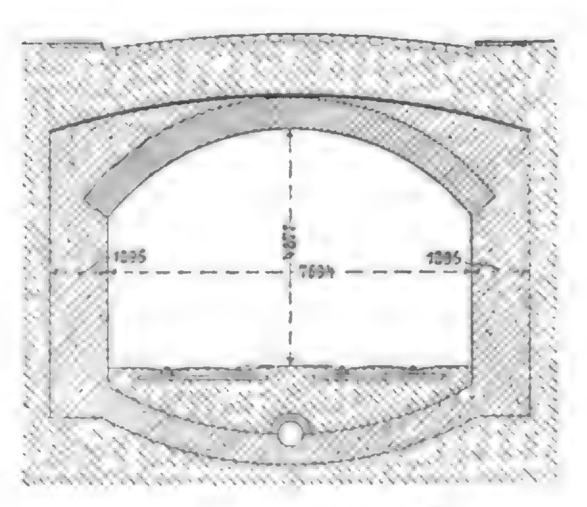
Die Bauarbeiten wurden noch dadurch erschwert, daß in der Genehmigungsurkunde der Bahnanlage vorgeschrieben war, den Straßenverkehr nur in der Zeit von 6 Uhr abends

bis 6 Uhr morgens durch sie unterbrechen zu dürfen. Infolgedessen konnten alle Arbeiten in den Straßen nur während jener Nachtzeit bewirkt werden. Die Tunnel wurden in der Weise erstellt, daß in den Straßen nach Beseitigung des Pflasters eine starke Balkendecke verlegt wurde, über die der oft riesenhafte Verkehr tagsüber flutete und unter der ständig die Bauarbeiten vor sich gingen.

Auf dem älteren Abschnitt wurde das Erdreich in 10 m Breite ausgehoben, die Seitenmauern errichtet, dann eiserne Lehrbögen aufgestellt und das elliptische Tunnelgewölbe (Abb. 350 u. 354) geschlagen. Schließlich wurde auf diesem die Erde nachgefüllt und das Pflaster zunächst in halber Straßenbreite verlegt, während die andere Hälfte dem Verkehr offen gehalten wurde, worauf dann ein Wechsel der Straßenhälfte eintrat. Die breiten und oft tiefen Ausschachtungen erforderten eine sehr kräftige Auszimmerung, deren Kosten einschließlich derjenigen für die Holzdecke öfter höher waren, als die für das Tunnelmauerwerk. Trotzdem diese Zimmerung mit größter Sorgfalt und Schnelligkeit hergestellt wurde, haben dennoch die benachbarten Häuser verschiedentlich durch Rissebildungen Schaden erlitten. Er mußte seitens der Bahngesellschaften voll ersetzt werden.



350. Tunnelquerschnitt, 1861.



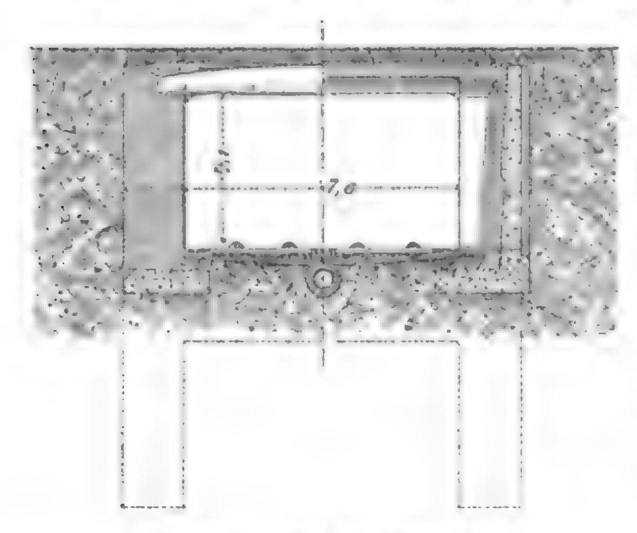
351. Tunnelquerschnitt, 1881.

Auf den später erbauten Strecken hat man zwecks Verminderung der Kosten das Erdreich zunächst nur für die Seitenwände des Tunnels ausgeschachtet, wozu eine Breite von je 1,8 m genügte. Waren dann die Wände aufgemauert, so wurde zwischen ihnen die Erde nur so weit in voller Breite ausgehoben, daß die Lehrbögen aufgestellt und das hier nach einem Kreisbogen geformte Deckengewölbe geschlagen werden konnte. Danach erst wurde auch der untere Teil der Erdmasse entfernt und beide Seitenwände durch ein Sohlengewölbe nach Abb. 351 u. 360 abgesteift. Wo die Gleise dem Straßenpflaster so nahe kamen, daß für das Deckengewölbe nicht genügende Höhe verblieb, da streckte man über die Tunnelwände gußeiserne Träger und spannte zwischen diese Gewölbkappen (Abb. 352). Überlagerten schwere Gebäude die Tunneldecke, so wurden schmiedeiserne Träger verlegt. Wir haben hier bereits das Vorbild für die 35 Jahre später erbaute Budapester Unterpflasterbahn.

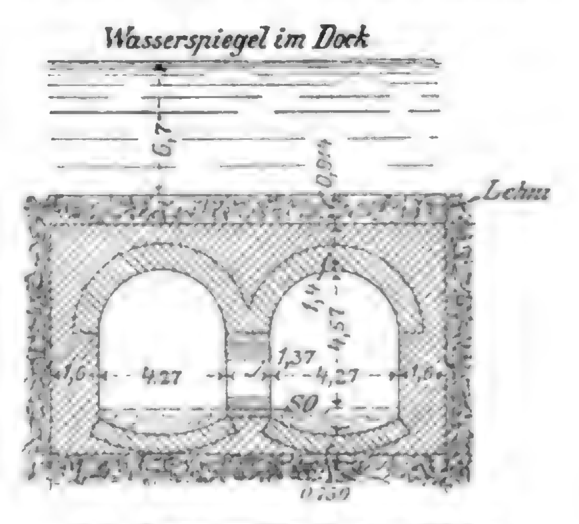
Aus der überreichen Zahl der bemerkenswerteren Bauausführungen seien hier nur einige hervorgehoben. Da galt es zunächst das Kanalisationsnetz, das alle Straßen durchzog, abzuändern. Mit einer Ausnahme sind sämtliche gemauerten Abzugskanäle, welche nicht ohne weiteres in eisernen Röhren über die Bahn geleitet werden konnten, in oftmals beträchtlicher Länge so viel tiefer gelegt, daß sie unter den Gleisen sich hinziehen. Da diese Kanäle bis über 12 qm Querschnitt aufweisen und die Abfallwässer auch während der Bauarbeiten abzuleiten waren, so verursachte ihre Neuanlage viel Arbeit und hohe Kosten.

In einer Straße liegt der Bahntunnel in ziemlicher Länge dicht über einem großen Abzugskanale. Zur Unterbringung der verschiedenen Gas- und Wasserleitungsröhren wurden hier zwei besondere Tunnel beiderseits des Bahntunnels angelegt. Sämtliche

Häuser dieser Straße mußten unterfangen und mehrere Meter tief durch Betonmauern neu abgestützt werden. Dieses Unterfangen der Gebäudefundamente hat viele Mühe bereitet, namentlich in den engeren Straßen, wobei die Bauart der englischen Wohnhäuser eine weitere Erschwernis bildete, da unter dem Bürgersteig gewöhnlich der Keller liegt. Von einem unter dem Fahrwege angelegten Längsstollen aus wurde nach jedem Hause ein Querstollen bis zur Kellerwand getrieben, diese durchbrochen und von der Kellersohle aus die Gruben unterhalb des Fundamentes der Gebäudefront ausgehoben. Sie wurden mit Beton gefüllt und schließlich die alten Mauern vorsichtig darauf abgestützt.



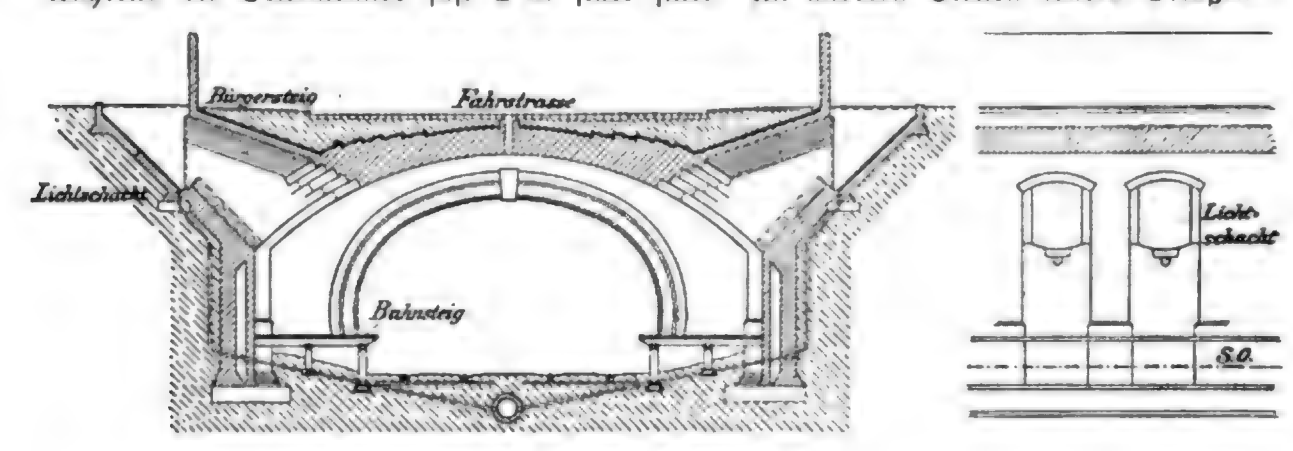
352. Tunnel mit Stein-Eisen-Decke.



353. Tunnelquerschnitt unterhalb der Londoner Docks.

Alsdann ging man zum Bau des eigentlichen Tunnels über. In dieser Weise sind z. B. die beiden Häuserreihen der Cannon Street bis zu 6 m Tiefe unterfangen worden (vergl. Abb. 360).

Besondere Vorsichtsmaßregeln erforderte auch das Unterfahren des Denkmals König Wilhelms IV. Der Bahntunnel mußte gerade unter diesem 3250 Zentner schweren Bildwerke hindurchgeführt werden. Das Tunnelgewölbe erhielt eine Stärke von $1^1/_2$ m, während die Seitenwände fast 2 m stark sind. An anderen Stellen waren Straßen-

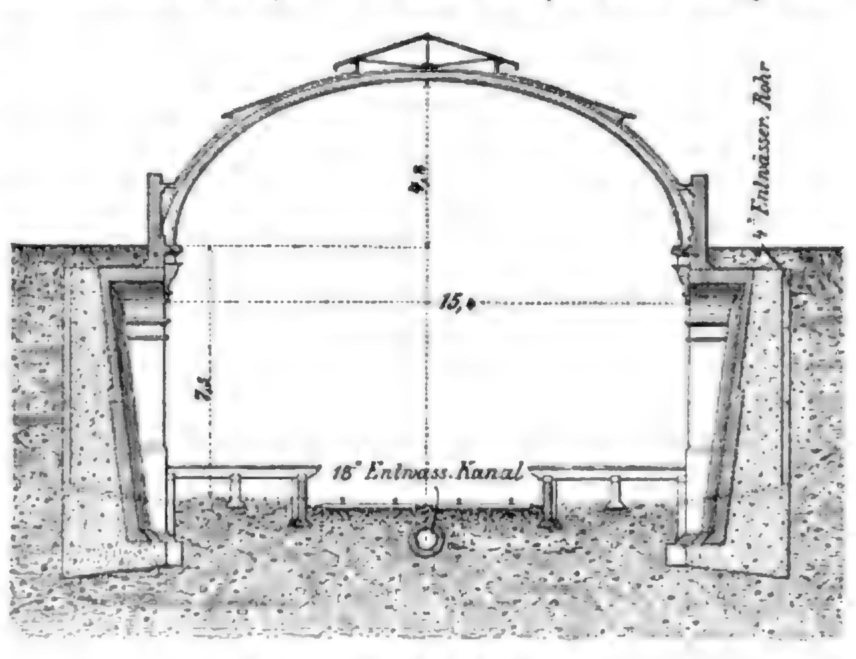


354. Station Gower Street.

brücken, Eisenbahnviadukte, Kirchen, Krankenhäuser, sechs- bis siebenstöckige Warenspeicher, elfstöckige Gebäude u. s. w. zu untertunneln bezw. abzufangen. Auf der die Themse bei Wapping in dem altberühmten Brunelschen Tunnel unterfahrenden East-Londonbahn (vergl. Abb. 348 u. die Tafel zu S. 86) lagen an einer Stelle die Gleise 18 m unter Erdfläche und nur 4 m von einem der Londoner Riesenlagerhäuser entfernt. Dessen Vorderwand mußte bis zu 14 m unter Hochwasser abgefangen werden, was infolge des ständigen starken Wasserandranges nicht leicht war. Die fast 7 m tiefen und 190 m breiten Londoner Docks werden nach Abb. 353 mittels Doppeltunnels unterfahren, um das bei voller

Tunnelbreite hier ungewöhnlich stark ausfallende Mauerwerk zu vermeiden. Trotzdem sind die schmalen Gewölbe immer noch 140 cm dick ausgefallen und die Außenwände 160 cm. Eine 91 cm starke Lehmschicht hindert das Durchsickern des Wassers. In diesen Docks herrscht ein äußerst lebhafter Schiffsverkehr. Täglich fahren im Durchschnitt etwa sechs große Westindienfahrer ein und ebensoviele aus. Die Schiffahrt durfte durch den Tunnelbau nicht unterbrochen werden. Man teilte deshalb das eine Dock durch einen kräftigen Damm in zwei Teile, pumpte eine Hälfte leer, hob den Boden aus und mauerte den Doppeltunnel auf. Die Herstellung des 95 m langen Tunnels beanspruchte wegen des sehr schlechten Baugrundes und verschiedener Wassereinbrüche 23 Monate, das ergibt auf das laufende Meter Tunnel nicht weniger als sechs Bautage! Dank der hierbei gewonnenen Erfahrungen wurde die andere Tunnelhälfte in drei Monaten durchgeführt, was einen Bautag für das laufende Meter Tunnel ergibt. Es ließe sich noch eine ganze Anzahl von bemerkenswerten Baueinzelheiten anführen, die alle gleich den genannten das ungemein Schwierige in der Anlage dieser Untergrundbahnen darthun würden. Namentlich machte die Unterbringung vieler Stationen Mühe. Auf dem südlichen Teile des Innenringes wurde ein sehr schlechter Baugrund angetroffen. Hier mußte sogar die Fundamentsohle der Tunnel bis 7,6 m tief unter die Schienen gelegt werden (vergl. auch Abb. 352).

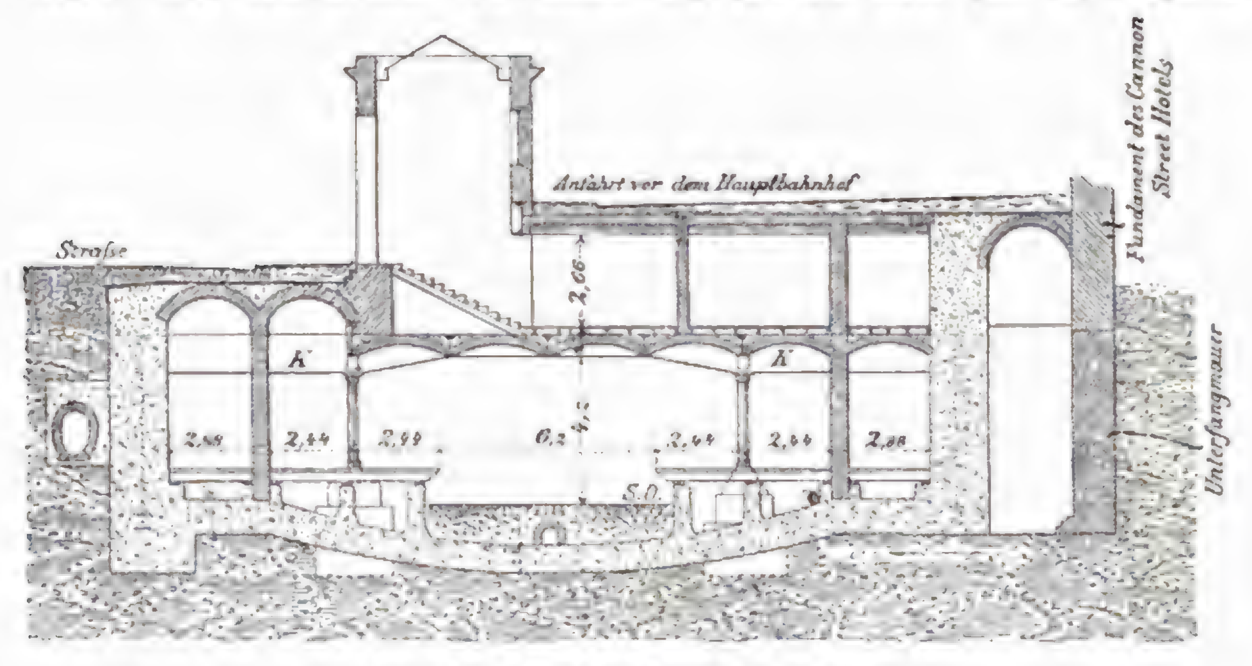
Ursprünglich war beabsichtigt gewesen, sämtliche 27 Stationen des Innenringes nebst letzterem vollständig unterirdisch anzulegen. Der älteste Abschnitt wurde mit den Stationen Baker Street, Portland Road und Gower Street (Abb. 354) auch demgemäß ausgeführt. Das Tageslicht fällt hier durch zwei Reihen schmaler Lichtschächte ein, die neben den Bürgersteigen durch Gitter überdeckt sind. Diese Schächte dienen nebst einigen Öffnungen im Fahrdamm gleichzeitig auch zur Lüftung. Beide Zwecke werden aber nur kümmerlich erfüllt. Auf Grund dieser schlechten Erfahrung legte man, wo die Örtlichkeit es gestattete, die Stationen in offene Einschnitte und spannte in Höhe des Straßenpflasters nach Abb. 355 ein Eisendach darüber.



355. Station mit Glas-Eisendach.

Der Zugang zu den Bahnsteigen erfolgt von der Straße aus mittels Treppen u. s. w. Die Ein- und Ausgänge sind stets gesondert gehalten, so daß ein Begegnen und Stauen von Reisenden ausgeschlossen ist. Mehrfach führen Fußgängerbrücken über die Gleise nach den einzelnen Bahnsteigen hin. Äußerlich fallen die Stationsgebäude kaum auf. Eine Inschrift und zwei Kugellaternen deuten sie an. Die neben einem Hauptbahnhofe belegene Blackfriars-Station z. B. liegt unten in einem fünfstöckigen Gebäude, dessen Front in vergoldeten Riesenbuchstaben weithin leuchtend verkündet, daß hier die Heilsarmee ihr Hauptquartier aufgeschlagen hat. Der schmale Stationseingang mit seiner geschwärzten Anschrift verschwindet dagegen fast völlig. Der Zugang zu der gegenüber dem Parlamentsgebäude befindlichen Untergrundstation Westminster Bridge liegt unscheinbar in einem der hohen Privathäuser. Der Weg zu den Fahrkartenschaltern führt durch den engen Gang an einem Bäckerladen vorbei, so daß der zum erstenmal die Station Aufsuchende in Zweifel gerät, ob er auf dem rechten Wege sich befindet.

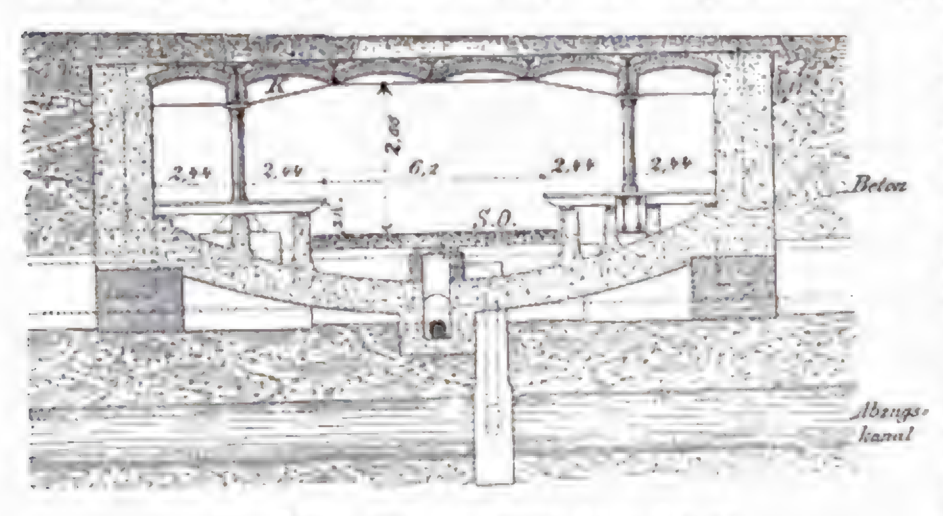
Auch unter den später ausgeführten Stationen fällt manche durch ihren Mangel an Tageslicht auf. Dahin gehört auch die sonst meisterhaft angelegte Cannon Street-Station. Hier galt es, inmitten eines besonders verkehrsreichen Gebietes — die nur 15 m breite Cannon Street wird täglich von etwa 10000 Wagen und 60000 Fußgängern passiert — eine unterirdische Anlage zu schaffen, für die zudem noch die zur Verfügung stehende Höhe äußerst knapp bemessen war. Die Station liegt zum Teil unter zwei sich kreuzenden



356. Schnitt durch die Cannon Street-Station.

Straßen, zum Teil unter der Anfahrt des großen Hauptbahnhofes Cannon Street der South Eastern-Bahn. Bauten über der Straße waren hier unzulässig, und so mußten auch die Fahrkartenschalter unter die Erde verlegt werden.

Die Abb. 356 u. 357 geben zwei Querschnitte dieser fast vollständig in Beton ausgeführten Station wieder. Die Deckengewölbe, sowie die Fahrkartenschalter werden durch Konsolträger K gestützt. Die Oberfläche des Straßenpflasters liegt zum Teil nur 30 cm über diesen Trägern und nur 5,1 m über den Schienen. Die Bauarbeiten wurden auch hier durch die vorhandenen und abzuändernden großen Abzugskanäle sehr erschwert.



357. Schnitt durch die Cannon Street-Station.

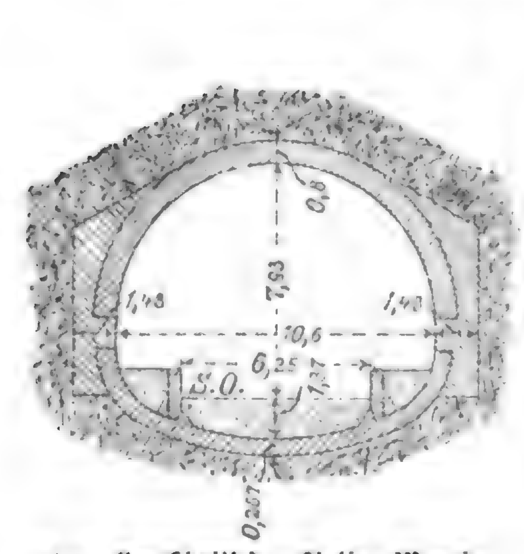
Noch unfreundlicher und dürftiger als der vorgenannten Innenringstation erscheinen die der East Londonbahn. Die beiden nördlich der Themse gelegenen, Wapping und Shadwell, gleichen geradezu einem düsteren Kellergewölbe, bei dessen Anlage nur dem eben notwendigsten Bedürfnis Rechnung getragen ist. Abb. 358 stellt einen Querschnitt der Wappingstation dar. Hier fehlt jedes Ober- und Seitenlicht und herrscht nur spärliches Gaslicht. An beiden Enden des 91 m langen Stationstunnels ist für Lüftungszwecke je ein kurzer offener Einschnitt mit 18 m hohen, nach Art der Abb. 359 durch zwei Reihen Eisenstäbe abgesteiften Futtermauern angelegt.

Digitized by Google

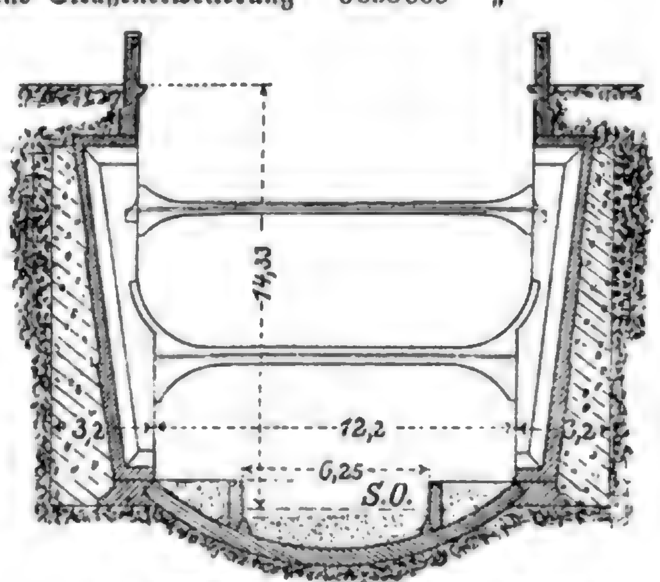
Trotzdem ist die Luft im Tunnel sehr schlecht. Die Bahnsteige sind nur ca. 2 m breit, zum Vorteil der Reisenden ist aber hier der Verkehr weniger lebhaft als auf anderen Stationen, was bei den Riesentreppen (Aufzüge fehlen) auch kein Wunder ist. Die Shadwellstation ist ganz ähnlich angelegt und dadurch noch bemerkenswert, daß über ihrem einen Ende sich der Viadukt der Blackwallbahn (S. 336) hinzieht. Zwei Pfeiler derselben ruhen auf dem Tunnel der East Londonbahn und mußten nebst fünf anderen bei deren Bau abgefangen und untermauert werden, ohne daß der Betrieb der Hochbahn gestört werden durfte; dabei haben die Gleise beider Bahnen hier 20 m Höhenabstand.

Die Anlagekosten der Untergrundbahnen sind sehr hohe. Ungewöhnlich hoch sind sie auf dem 1884 vollendeten Schlußstück des Innenrings gewesen. Dieser nur 2,8 km lange Bahnabschnitt hat insgesamt die ungeheure Summe von rund 65 Millionen Mark gekostet, das macht rund 23¼ Millionen Mark für das Kilometer. Die Einzelkosten stellen sich wie folgt:

Baukosten	5788000	Mark
Grunderwerbskosten	10821000	„
Nebenkosten für Kanalisation und Straßenerweiterung	6638000	„



358. Querschnitt der Station Wapping.



359. Offener Einschnitt der Station Shadwell.

Ziehen wir des Vergleichs wegen die Berliner Stadtbahn heran, so ergeben sich zugleich für die älteren Abschnitte der Londoner Untergrundbahn folgende Zahlen:

a) Baukosten für 1 km

Älterer Abschnitt der Untergrundbahnen	2500000	Mark
East Londonbahn (nördlich der Themse)	4324000	„
Innenring-Schlußstück	5788000	„
Berliner Stadtbahn	2745000	„

b) Gesamtkosten für 1 km

Ältere Abschnitte der Untergrundbahnen	7800000	Mark
Innenring-Schlußstück (1883)	23247000	„
Berliner Stadtbahn (1883)	5643000	„

In den beiden letzten Beträgen sind die Kosten für wiederverkäufliche Grundstücke einbegriffen. Die reinen Baukosten sind auf dem Schlußstück des Innenrings ungefähr doppelt so hoch gewesen wie die der Berliner Stadtbahn. Die Grunderwerbskosten haben sich in London trotz der unterirdischen Anlage fast viermal höher gestellt als in Berlin.

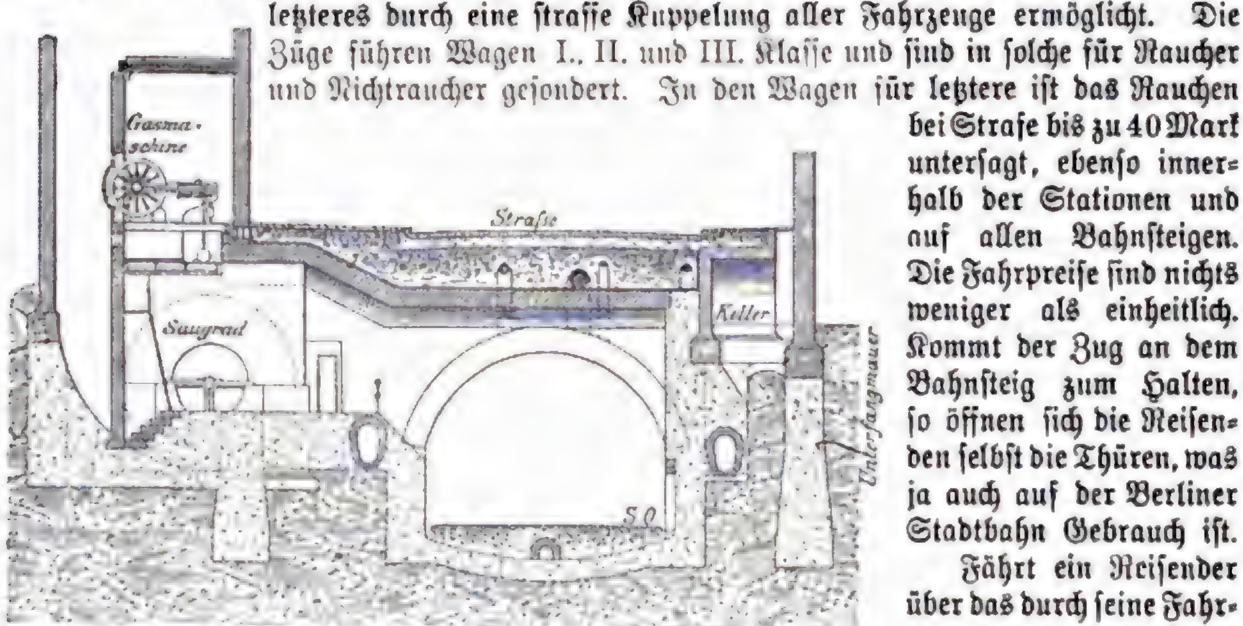
Infolge des hohen Anlagekapitals ist trotz des starken Verkehrs dieser Bahnen die jährlich zur Verteilung gelangende Durchschnittsdividende nur sehr gering. Auch die Berliner Stadtbahn, welche seiner Zeit durch den Staat ausgebaut wurde, verzinst ihr Kapital nur schwach.

Bewundernswert ist der Betrieb der Untergrundbahnen. Wer je auf ihnen gefahren ist und auf ihren Stationen verweilt hat, war mit Recht erstaunt über die große Zahl der Züge, die dort in so sicherer Weise im dunklen Schoß der Erde gefahren werden. Zug

auf Zug rollt in scheinbar endloser Folge an dem Beobachter vorüber. Folgen sich ja auf den Hauptstrecken in den lebhafteren Verkehrsstunden in jeder Fahrtrichtung 19 Personenzüge stündlich, also in durchschnittlich je drei Minuten ein Zug. Ein Teil der Züge wird sogar mit nur zweiminutlicher Zwischenzeit gefahren, und zwar auf dem Linienzuge neben der Themse, auf dem die Stationen bis zu 300 m einander benachbart liegen.

Für den Fremden ist der Verkehr auf den unterirdischen Linien anfangs gerade nicht sonderlich behaglich. Es gehört auch hier eine gewisse Übung und Gewöhnung dazu, um sich leicht und schnell zurecht zu finden, was durch das sich hier besonders breit machende Reklame-Unwesen ganz erheblich erschwert wird. Dazu kommt die schlechte Lüftung der Bahn, die streckenweise, trotz aller eingebauten Entlüftungsöffnungen und mehrerer Saugräder (Abb. 360), so mangelhaft ist, daß die Reisenden zum Teil Hustenreiz bekommen und die Wagenfenster allseitig schließen müssen, um sich gegen die übelriechenden Lokomotivgase etwas zu schützen. Es gehört die ganze Geduld des Engländers dazu, diesen Mißstand ruhig zu ertragen.

Die Züge laufen verhältnismäßig schnell in die Stationen ein und fahren rasch, dabei sanft und stoßfrei, ab. Ersteres wird durch die durchgehenden Bremsen (S. 257), letzteres durch eine straffe Kuppelung aller Fahrzeuge ermöglicht. Die Züge führen Wagen I., II. und III. Klasse und sind in solche für Raucher und Nichtraucher gesondert. In den Wagen für letztere ist das Rauchen bei Strafe bis zu 40 Mark untersagt, ebenso innerhalb der Stationen und auf allen Bahnsteigen. Die Fahrpreise sind nichts weniger als einheitlich. Kommt der Zug an dem Bahnsteig zum Halten, so öffnen sich die Reisenden selbst die Thüren, was ja auch auf der Berliner Stadtbahn Gebrauch ist.



360. Entlüftungsanlage in der Cannon Street.

Fährt ein Reisender über das durch seine Fahrkarte bezeichnete Reiseziel hinaus, so kann er auf seinen Wunsch kostenfrei nach der richtigen Station zurückfahren, will er jedoch auf der falschen Station den Zug verlassen, so hat er den Fehlbetrag zu entrichten. Wird dagegen ein Reisender ohne gültige Karte angetroffen, so wird für die durchfahrene Strecke der einfache Fahrpreis erhoben. Nur wenn er sich weigert, diesen zu zahlen, erfolgt eine Geldstrafe bis zu 40 Mark, auch wird sein Name mit entsprechendem Vermerk auf der Station angeschlagen — ein jedenfalls wirksames Abschreckungsmittel! Anderseits werden auch die Bahngesellschaften scharf geahndet, wenn sie sich Übergriffe gegen Reisende zu Schulden kommen lassen und diese gerichtlich gegen sie vorgehen, denn nur der mit Absicht ausgeführte Betrug gibt der Verwaltung ein Recht auf Strafverfolgung. Die Betriebszeit beginnt an Wochentagen morgens um 5 Uhr und endigt kurz nach Mitternacht. An Sonntagen ist der Zugdienst erheblich eingeschränkt.

Die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit der Züge ohne Einrechnung des Aufenthalts auf den Stationen beträgt 40 km in der Stunde. Die auf dem Innenringe verkehrenden Züge durchfahren diese 21 km lange Strecke — die 26 Stationsaufenthalte eingerechnet — in 70 Minuten. Die mittlere Reisegeschwindigkeit beträgt demnach 18 km in der Stunde. Die Zahl der täglichen Züge ist erstaunlich. An Werktagen stärksten Verkehrs werden rund 1700 Personenzüge, 420 Güterzüge und 110 Leerlokomotiven fahrplanmäßig gefahren, also insgesamt 2120 Züge. An Sonntagen wird der Betrieb um mehr

als die Hälfte eingeschränkt. Die strenge englische Sonntagsheiligung beeinflußt stark das Verkehrsleben. — Wie sehr einzelne Stationen durch diese Zugzahlen belastet werden, wurde schon in der Fußnote auf S. 318 angeführt. Danach wird die 4gleisige King's Croß Station täglich von mehr als 1200 Zügen durchfahren, ein Verkehr, der für den um so staunenswerter ist, der diese finstere, räumlich über alle Maßen beschränkte unterirdische Station kennen gelernt hat.

Kurz sei auch noch des Güterverkehrs gedacht, der einen höchst bemerkenswerten Punkt in dem Gesamtbilde ausmacht. Es sind, wie schon Seite 97 erwähnt, drei unterirdische Güterstationen angeschlossen. Alle drei liegen im Herzen der City (Abb. 53), also in vorteilhaftester Lage und erfreuen sich eines ganz gewaltigen Verkehrs. Sie gehören drei verschiedenen Hauptbahnen an. Die eine dieser Stationen — Smithfield Market — ist unterhalb der fast 200 m langen und 75 m breiten Zentralfleischhalle gelegen, mit dieser durch zwei Aufzüge, mit der Straße durch eine spiralförmig gewundene Rampe für Straßenfuhrwerk in Verbindung gebracht. Durch sie ziehen sich an einer Längsseite die beiden Gleise der S. 350 genannten Widened Lines der Untergrundbahnen hindurch, die auch mittels Abzweigung die An- und Abfuhr der Bahnwagen besorgen. Besondere Fleischzüge treffen hier fast allnächtlich von Birkenhead und Bristol ein. In ersterem Orte, dem bekannten, Liverpool gegenüberliegenden Hafenplatze, befinden sich große Schlachthäuser, in denen das überseeische, lebend eingeführte Vieh geschlachtet und dann von dort nach dem Londoner Markt gebracht wird, während in Bristol geschlachtetes Vieh, namentlich von Australien, durch besondere, mit Gefriereinrichtung versehene Dampfer eingeführt wird. Auch in den beiden anderen unterirdischen Güterstationen wickelt sich ein sehr reger Verkehr ab. Er wirkt überraschend durch die dem festländischen Besucher ungewohnte Schnelligkeit, mit der, allerdings unter Zuhilfenahme zahlreicher mechanischer Hilfsmittel, wie Drehscheiben, Schiebebühnen, Spills, Aufzüge, Kräne (von Hand- oder durch Wasserdruck u. s. w. bewegt), die Wagen herangeholt, ent- bezw. beladen, umgesetzt und zu Zügen zusammengestellt werden, wobei nur wenige Arbeiter thätig sind. Der das gesamte englische Leben beherrschende Grundsatz: „Zeit ist Geld“ kommt auch im Betriebe dieser (wie aller anderen) Güterstationen zur vollen Geltung und Nutzanwendung.

Die elektrische Tunnelröhrenbahn in London.

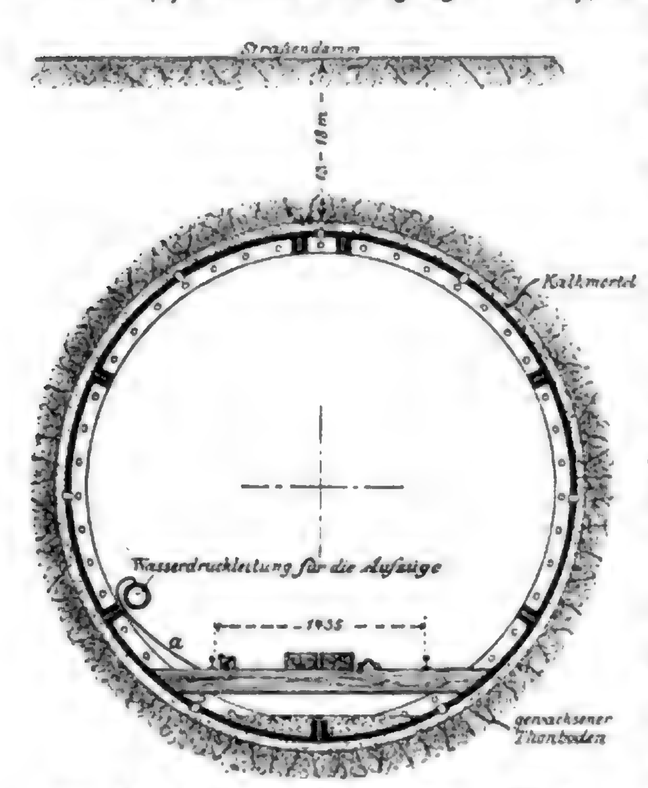
Völlig verschieden von den bis jetzt erörterten Tiefbahnen sind die elektrischen Tunnelröhrenbahnen. Die älteste dieser Linien wurde 1886 in London in Angriff genommen. Sie hat das Interesse der technischen Welt in hohem Maße erregt, da sie nach allen Richtungen hin Neues bietet, ist sie doch billiger in der Herstellung, vorteilhafter in der Lüftung, einfacher im Betriebe und ermöglicht auch den Bau einer Tiefenbahn selbst da noch, wo die anderen Bauweisen versagen.

Anlaß zu ihrer Anlage gab die mangelhafte Verbindung der im Osten Londons beiderseits der Themse belegenen Stadtbezirke. Den Verkehr der City mit dem Südufer des Flusses vermittelte hier besonders die weltbekannte Londonbrücke, über welche im Jahre etwa 35 Millionen Fußgänger und 7 Millionen Wagen mit zusammen 21 Millionen Fahrgästen, also alles in allem 56 Millionen Personen sich bewegen. Seit einigen Jahren hat allerdings die neuerbaute Towerbrücke sie etwas entlastet.

Der Gedanke des Ingenieurs Greathead, hier eine unterirdische Bahn anzulegen, wurde in London um so freudiger aufgenommen, als der von ihm aufgestellte Bauplan die Anlagekosten in verhältnismäßig engen Grenzen hielt. Der Baugesellschaft war die freie Benutzung des Bodens unterhalb der öffentlichen Straßenzüge zugesprochen. Sie hatte daher wenig Grunderwerbskosten zu zahlen. Die Tiefenlage der Bahn wurde zu 12 bis 18 m gewählt, so daß alle Abzugskanäle, Gas- und Wasserleitungen umgangen, vor allem auch das kostspielige und zeitraubende Unterfangen der Gebäudefundamente u. s. w. erspart werden konnte.

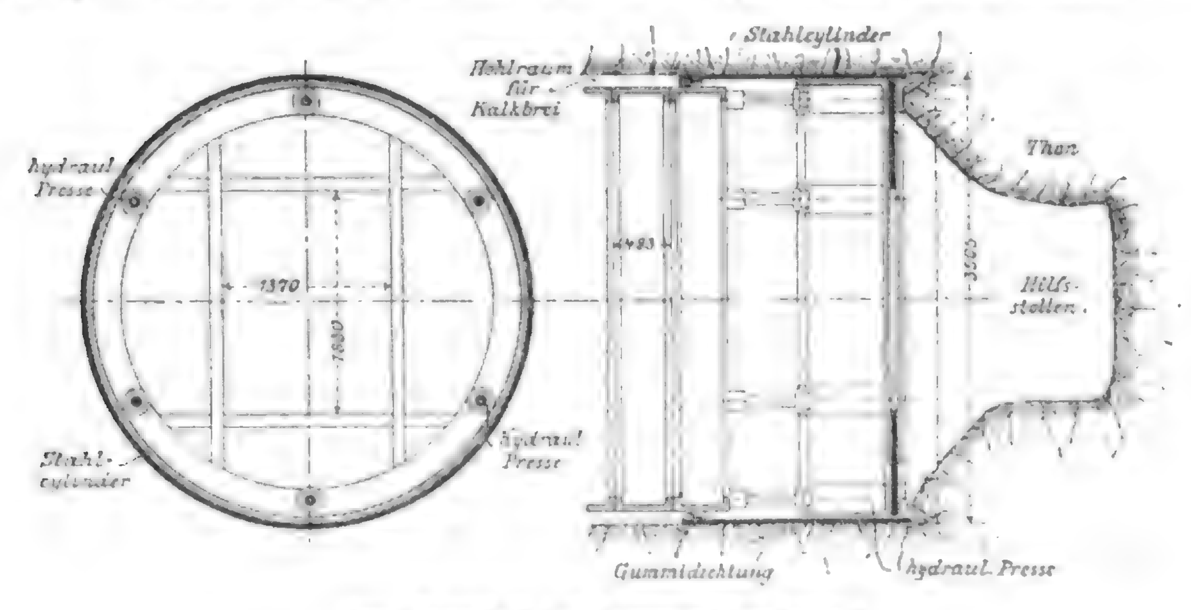
Die Seite 86 beigefügte Tafel zeigt die Linienführung dieser neuen Bahn. Letztere ist zweigleisig mit der Normalspur ausgebaut. Für jedes Gleis bezw. jede Fahrtrichtung besteht ein besonderer Tunnel; nur in den beiden Endstationen sind beide Gleise in einem

gemeinsamen Raum vereinigt und durch Weichen verbunden, um die Umleitung der Züge bequem bewirken zu können. Die beiden Gleistunnel sind übrigens mehrfach gegen einander verschoben. Am Ausgang der Citystation liegen sie nebeneinander; sie ziehen sich dann in scharfer Krümmung und gleichzeitig mit starkem Gefälle (1:15 und 1:30), hier gleichsam eine Schraubenlinie bildend, nach der Themse hin, um kurz vor dieser unter einer nur 4 m breiten Gasse übereinander herzulaufen, da sonst ein Unterfangen der beiderseitigen Häuserfronten, sowie Entschädigen der Hausbesitzer*) nicht zu vermeiden gewesen wäre. Im weiteren Verlauf der Bahn liegen die Tunnel nach Abb. 363 wieder nebeneinander, um in den Zwischenstationen aufs neue in senkrechter Richtung gegeneinander verschoben zu werden, damit hier ein bequemerer Zugang beider Bahnsteige sich schaffen ließ.



361. Querschnitt des Tunnels der elektrischen Tunnelröhrenbahn in London.

Die Tunnel sind kreisrund und mit einem nach Abb. 361 aus einzelnen Stücken zusammengeschraubten Gußeisenrohre von 3,2 m Weite ausgekleidet. Ein solche Auskleidung hatte Greathead bereits 1868/69 beim Bau des nahe dem Tower unter der Themse angelegten und 2 m weiten Fußgängertunnels gewählt. Seit dem Erfolge der ersten elektrischen Röhrenbahn ist dieses Verfahren wiederholt angewendet worden. Es bildet jetzt einen wichtigen Zweig des Tunnelbaues und hat bereits mehrfach die Anlage von Tunneln in schlammigem Boden ermöglicht, die mit den sonst bekannten Mitteln nicht hätte erstellt werden können.



362. Stahlschild zum Vortreiben des Tunnels.

Eigenartig ist das Vortreiben der Tunnel nach Greatheads Vorgang vermittelst eines „Schildes“, d. i. ein mehrere Meter langes, vorn mit einer Schneide versehenes Stahl-

*) Nach englischem Recht gehört dem Grundbesitzer der Boden bis zum Mittelpunkt der Erde. Jeder noch so tief unter einem Grundstück arbeitende Unternehmer muß daher das Benutzungsrecht des Erdinneren vom Eigentümer erwerben.

Digitized by Google

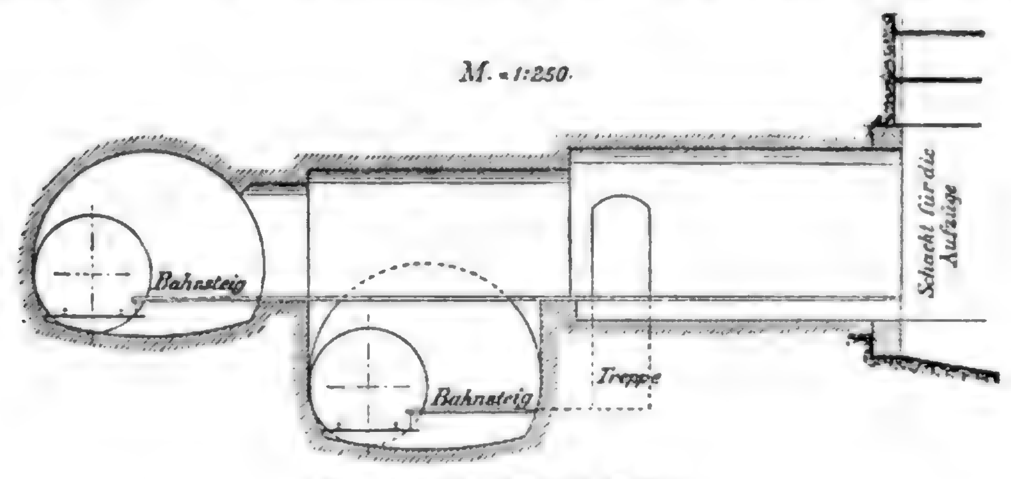
rohr, welches nach Abb. 362 durch eine Anzahl Wasserdruckpressen in das zu durchfahrende Erdreich hineingedrückt wird. Zur Erleichterung dieser Arbeit wurde vor der jedesmaligen Ingangsetzung der Pressen ein Hilfsstollen nach Abb. 362 vor dem Schilde gegraben. Auf der jetzt vollendeten Zentral-Londonbahn benutzte man hierbei einen elektrisch angetriebenen Trockenbagger. Die in das Schildinnere gelangende Bodenmasse wird auf Wagen verladen und durch Kräne an die Erdoberfläche geschafft. In stark wasserhaltigem Boden wird der Schild mit Zwischenwänden versehen und mit Preßluft gefüllt, die ein Eindringen des Wassers in das Schildinnere hindert.

Bei der City- und Südlondonbahn, wie die erste Röhrenbahn genannt wird, wurden Wasserdruckpressen von je 48 cm Hub benutzt; ihr Betrieb erfolgte von Hand. War durch

363. Arbeitsbühne und Einsteigeschacht in der Themse.

sie der Schild um das Hubmaß vorwärts bewegt, so wurde sofort das Tunnelrohr um ein gleich langes Ringstück verlängert und der 6,5 cm breite Hohlraum zwischen diesem Rohr und dem umgebenden Erdreich mit Kalkbrei ausgefüllt, um ein Nachsinken des Erdbodens zu verhüten. Den Kalkbrei blies man mittels Luftdrucks aus einer Mischtrommel durch ein Loch in den einzelnen Rohrstücken ein, wobei unten angefangen wurde. Die Löcher wurden nachher durch Holzpfropfen geschlossen (vergl. Abb. 361).

Dank dem geschilderten Arbeitsvorgange ist bei diesem Bahnbau nirgends eine Beschädigung der Nachbarhäuser eingetreten. Wohl haben einige Hausbesitzer versucht, alte Risse ihrer Häuserfronten zu verwerten; allein Greathead hatte vor Beginn der Tunnel-



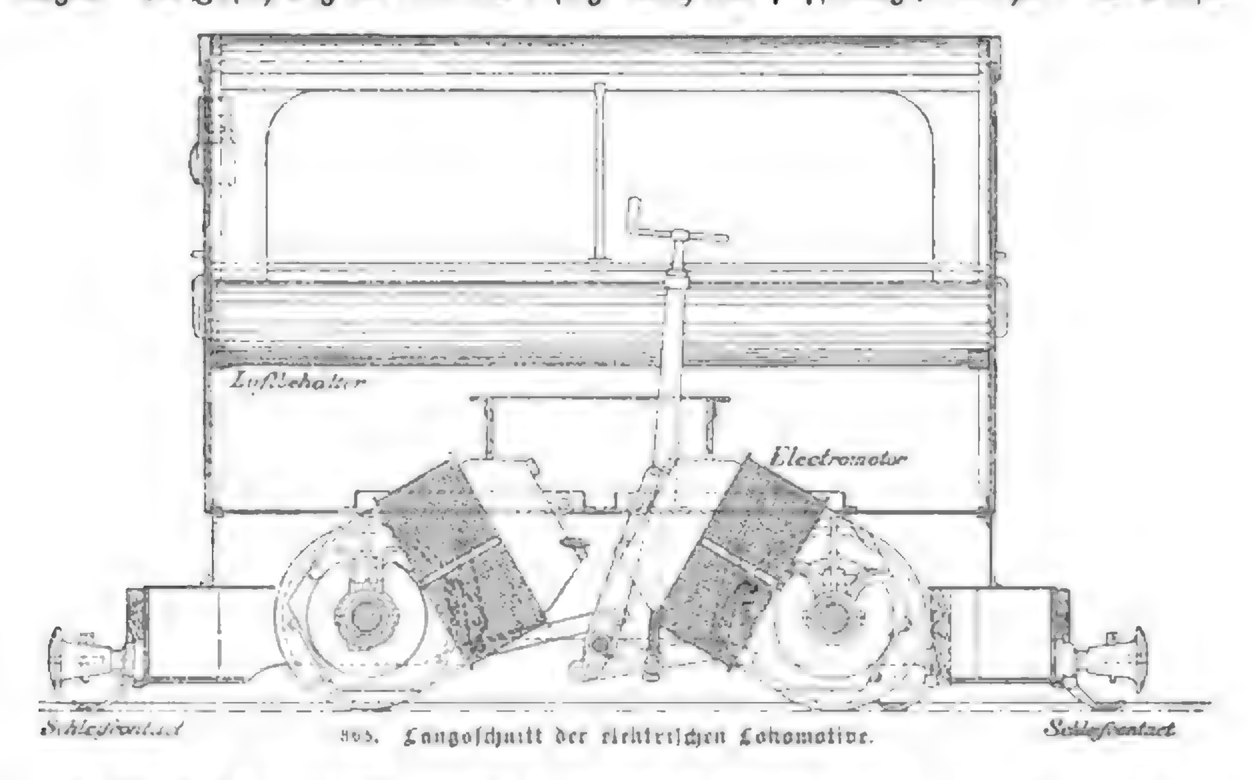
364. Schnitt durch eine Station.

arbeiten sämtliche Häuser in den zu unterfahrenden Straßen photographieren lassen. Auf Grund dieser untrüglichen Beweisstücke konnten alle zu Unrecht erhobenen Ansprüche abgewiesen werden. — Im Thonboden, der zum großen Teile das Londoner Gelände unterlagert, wurde der Tunnel in 24 Stunden um 4 m an einer Arbeitsstelle vorgetrieben. Man benutzte den Schild an verschiedenen Stellen gleichzeitig und hatte zu dem Zwecke nach Abb. 363 einen senkrechten Schacht in der Themse niedergesenkt und ebenso später an einigen Stationen. Von solchem Schachte aus trieb man den Tunnel nach beiden Seiten hin vor.

Die Stationen wurden nachträglich in ausgezimmerten Ausschachtungen erbaut und durch Ziegelmauerwerk ausgekleidet. Abb. 364 zeigt den Querschnitt einer Zwischenstation. Infolge der gewählten verschiedenen Höhenlage der Gleise ist der Zugang beider Bahnsteige

durch dieselben Aufzüge und Treppen ermöglicht. Jede Station ist mit einer Treppenanlage und zwei Wasserdruckaufzügen für je 50 Personen ausgestattet, so daß eine Zugladung Reisender schnell nach oben befördert werden kann. Aufzugvorrichtungen sind für eine solche Tiefbahn unentbehrlich. Ohne sie entwickelt sich kein lebhafter Verkehr, wie sich zur Genüge an der East-Londonbahn gezeigt hat, deren vielstufige Treppenanlagen ungern vom Publikum benutzt werden. Auf der unter dem Mersey hergeführten und 1886 eröffneten Tiefbahn zwischen Liverpool und Birkenhead hat man jede Endstation mit drei solchen Aufzügen, je für 100 Personen bemessen, ausgerüstet. Ihr Hub beträgt hier nicht weniger als 23 bezw. 27 m. Während die Merseybahn ebenfalls noch mit Dampflokomotiven befahren wird, wählte man für die City- und Südlondonbahn den elektrischen Betrieb*). Die Verwendung der Dampfkraft war durch die Genehmigungsurkunde untersagt.

Die Züge bestehen aus einer elektrischen Lokomotive (Abb. 365) und 3 Drehgestellwagen. Die Zuführung des Stromes erfolgt durch eine ⊓förmige, innerhalb des Gleises



365. Längsschnitt der elektrischen Lokomotive.

isoliert verlegte Stahlschiene, auf der 3 Gleitschuhe der Lokomotive schleifen, eine Anordnung, für welche die 1885 eröffnete irische Bahn Beßbrook-Newry vorbildlich gewesen ist (vergl. auch Abb. 97). Die Rückleitung des Stromes bewirken die Fahrschienen. Jede der beiden Radachsen bildet die Ankerwelle für einen 50pferdigen Motor, welcher die Lokomotivräder unmittelbar antreibt und ihnen eine Fahrgeschwindigkeit bis 40 km in der Stunde verleiht. Die Räder werden durch die selbstthätige Westinghousebremse (S. 259) gebremst. Die erforderliche Druckluft wird in dem zu Stockwell befindlichen Krafthause der Bahnanlage erzeugt und jeder Lokomotive in einem Behälter mitgegeben. Auf dieser Bahn finden sonach Elektrizität, Druckwasser und Druckluft für Arbeitszwecke Verwendung.

Die Züge befahren auf der Hinfahrt den einen und auf der Rückfahrt den anderen Tunnel. In den mit Kreuzungsweichen ausgestatteten Endstationen erfolgt ein Wechsel der Lokomotiven. Die Reisegeschwindigkeit auf der 5 km langen Strecke Stockwell-Londonbrücke beträgt einschließlich der Aufenthalte auf den vier Zwischenstationen 22 bis 24 km in der Stunde. Um die Züge beim Abfahren schneller in ihre Fahrgeschwindigkeit über-

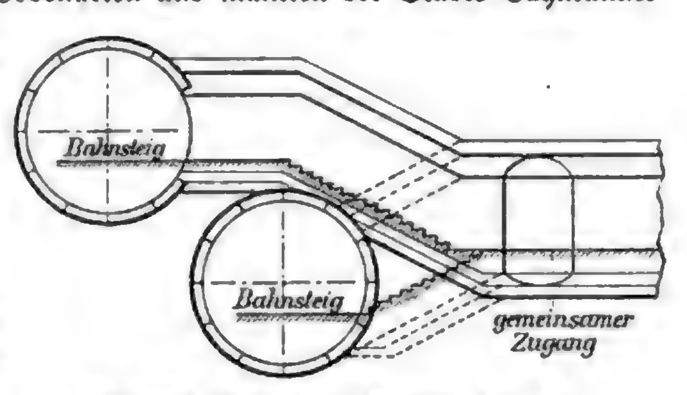
*) England ist auffallend spät zu elektrischen Bahnen übergegangen. Diese ursprünglich deutsche Erfindung (Werner von Siemens) hatte in schnellem Laufe ihren Triumphzug durch Amerika gehalten und in diesem Lande in mannigfach abgeänderter Gestalt ihre Lebensfähigkeit dargethan. Nach diesen Erfolgen verbreiteten sich auch in Deutschland die elektrischen Bahnen sehr schnell, während ihre Zahl in England auch heute noch sehr gering ist.

Digitized by Google

führen und beim Einlaufen in die Stationen schneller anhalten zu können, sind die Stationsgleise um $1^1/_4$ m höher als die Anschlußstrecken gelegt und mit diesen durch Rampen verbunden. Für einen flotten Betrieb mit dichter Zugfolge hat sich dieses Mittel sehr gut bewährt und ist auch auf anderen Röhrenbahnen in Anwendung gekommen. Mit Eröffnung des Betriebes zeigten sich alsbald einige bemerkenswerte Störungen an allen in der Nähe der Bahn befindlichen magnetischen Meßinstrumenten. So wurden auf der 3 km entfernten Sternwarte zu Greenwich die Nadeln solcher Instrumente durch vagabondierende Ströme dieser Bahn abgelenkt.

Die Baukosten haben einschließlich des Krafthauses und der gesamten Ausrüstung 3 330 000 Mark für das km betragen. Auch sie verzinsen sich nur recht mäßig. Der Verkehr beläuft sich im Jahre auf 5 bis 6 Millionen Reisende, an besonderen Tagen steigt er bis auf 25 000 Personen. Durch Erweiterung der Linie nach Süden und Norden hofft man eine wesentlich größere Zahl von Personen der Bahn zuzuführen. Die Fahrt auf dieser Linie ist nicht sehr behaglich, sie ist hart und etwas geräuschvoll, was die Reisenden aber gern in den Kauf nehmen, da ja die Fahrtdauer nur kurz und von keiner Rauchplage begleitet ist und die Linie eine vortreffliche Verbindung des südlichen Londons mit der City, dem Herzen der Londoner Geschäftswelt, herstellt.

Der Bau dieser Bahn bildet in der Geschichte der Stadtbahnen einen Markstein. Er lehrte, wie man auch in schwierigen Bodenarten und inmitten der Städte Bahntunnel ohne Störung des Straßenverkehrs herstellen kann, während ihr Betrieb erkennen ließ, wie sehr die Elektrizität dem Dampf gegenüber bei Tunnelbahnen den Vorzug verdient. Die Bahn wurde vorbildlich für verschiedene Tunnellinien in Paris (Entwurf), New York, Berlin u. s. w. Die großartigste Anwendung für Eisenbahnen hat ihre Bauweise bei dem Tunnel unter dem St. Clairflusse (Nordamerika) gefunden. Hier wurde ein Schild von 6,4 m Durchmesser und $4^1/_2$ m Länge benutzt, der durch 24 Wasserdruckpressen von je 125 000 kg Druck vorgetrieben werden konnte. Sodann sind in den letzten Jahren wiederholt in London mehrere Tiefbahnen dieser Art zur Ausführung gebracht, weitere sind dort noch im Bau. Zwei der ersteren sind auf der Tafel zu S. 86 verzeichnet. Die eine läuft von dem großen Waterloobahnhofe aus unter der Themse her, unterfährt die Distriktuntergrundbahn und mündet bei Mansion House, der Dienstwohnung des Lord Mayor.



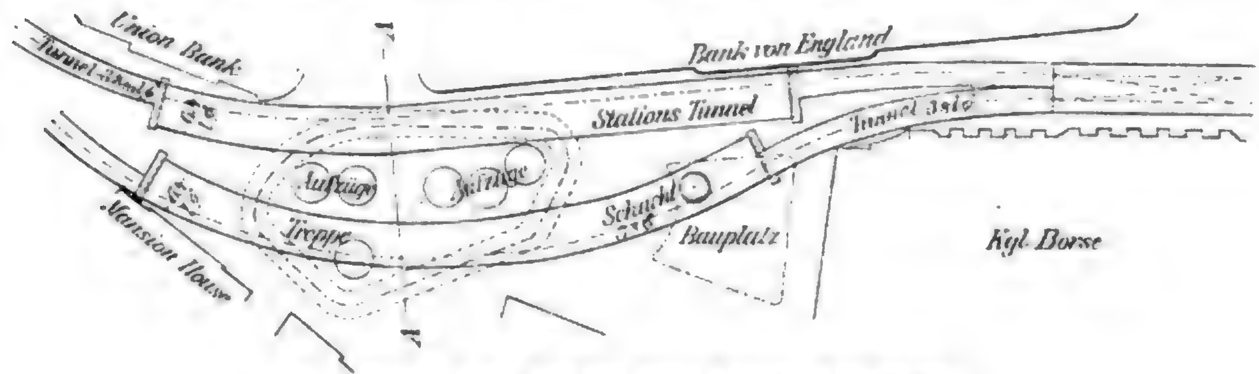
366. Schnitt durch eine Zwischenstation der Zentral London-Bahn.

Die andere, für den Londoner Verkehr noch bedeutsamere Anlage ist die Zentral-Londonbahn, welche vom Mansion House in fast gerader Richtung nach der 9,2 km entfernten Shepherds Buschstation im Westen von London läuft und lauter verkehrsreiche Straßenzüge in etwa 20 m Tiefe unterzieht. Unter zwölf Straßenkreuzungen sind 100 m lange Stationen errichtet, so daß der Bahn zweifellos ein namhafter Verkehr gesichert sein wird. Bei ihrem Bau wurden nicht nur die 3,5 m weiten Streckentunnel mittels des Schildes (4 m Durchmesser) vorgetrieben, sondern auch die Stationen und zwar diese mit einem Schild von 7 m Durchmesser. Für jede Fahrrichtung ist ein besonderer Stationstunnel angelegt. Beide Tunnel haben aber gemeinsame Treppen- und Aufzugsanlagen. Mit Ausnahme der beiden Endstationen sind sie deshalb nach Abb. 366 in verschiedener Höhenlage erstellt. Von jedem Tunnel führen kurze Treppen nach der gemeinsamen Plattform, auf der die Aufzüge münden.

Von besonderem Interesse ist die Stationsanlage bei Mansion House (Abb. 367). Der enge Platz vor diesem, auf den mehrere wichtige Straßen münden, wird eingerahmt von der Börse, der englischen Bank u. s. w. Auf ihm spielt sich vom Morgen bis zum Abend ein Wagen- und Fußgängerverkehr ab, wie er kaum zum zweitenmal in der Welt zu finden ist. Unter ihm zogen sich mehrere Abzugskanäle, sowie ein Netz von großen Gas- und Wasser-

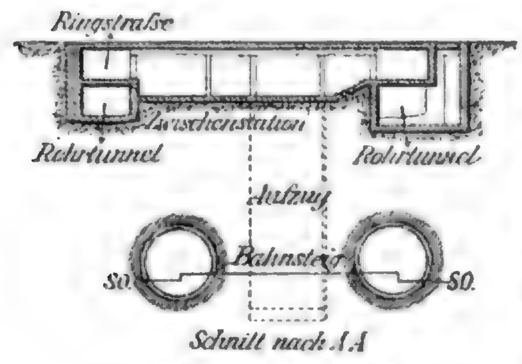
leitungsröhren her, die alle abgelenkt werden mußten, ohne daß dabei nennenswerte Störungen im Betriebe erfolgen durften. Der Bau wurde von einem Schachte aus eingeleitet, der innerhalb einer kleinen Umzäunung (vergl. Abb. 367) niedergesenkt war.

Da bei Mansion House ein wichtiger Bahnhof der älteren Untergrundbahn liegt, auch die Waterloo- und Citybahn hier ausläuft, so konnte diese neue Station um so mehr auf einen großen Verkehr rechnen. Um sie daher der aus verschiedenen Richtungen her zusammenströmenden Schar von Reisenden bequem zugänglich zu machen und ein Stauen auf dem von zahllosen Fuhrwerken befahrenen Platze zu vermeiden, wurde unmittelbar



367. Grundriß der Mansion House-Station (Kopfbahnhof).

unter dem Pflaster eine fast 4 m hohe Zwischenstation angelegt (Abb. 368), um deren mittleren Teil sich ein $1^1/_2$ m höher liegender ringförmiger öffentlicher Weg zieht, auf den von sechs Straßen Zugangswege (durch Treppen erreichbar) münden. Innerhalb dieser, in Abb. 367 punktiert angedeuteten Ringstraße sind sechs große Schächte nach der 14 m tiefer gelegenen Bahnstation niedergesenkt, von denen einer die Treppe enthält, während die anderen fünf für Aufzüge dienen. Unter der 4,6 m breiten Ringstraße liegt wieder ein eben so breiter Ringtunnel für die umgeleiteten Gas- und Wasserröhren u. s. w., welche sämtlich als Ringleitungen hier verlegt sind, aus denen sich dann die Leitungen nach den einzelnen Straßen leicht abzweigen ließen.



368. Schnitt durch die Mansion House-Station.

In drei Höhenstufen, davon zwei unterirdisch, wickelt sich der Straßen- und Bahnverkehr unabhängig voneinander ab.

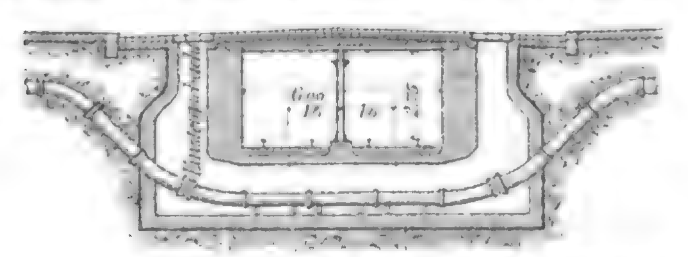
Mansion House-Station ist Kopfbahnhof. Die Züge müssen daher aus dem Einfahrtstunnel in den Abfahrtstunnel übergeleitet werden. Zu dem Zwecke sind die beiden Stationsgleise an dem Kopfende in ein gemeinsames Tunnelstück geführt und hier durch Weichen verbunden, wie in der Abb. 367 rechts erkennbar ist. Mit großem Geschick haben die englischen Ingenieure hier ihre Aufgabe gelöst.

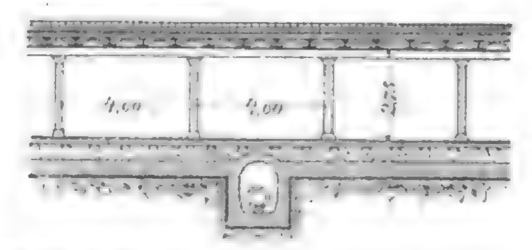
Elektrische Unterpflasterbahn in Budapest.

Eine mustergültige Anlage neuerer Art ist die im Mai 1896 eröffnete Unterpflasterbahn in Budapest. Entwurf und Bau stammen von Siemens & Halske in Berlin. Die Bahn ist zweigleisig mit 1435 mm Spurweite ausgeführt, besitzt 3,7 km Länge, liegt (bis auf ein kurzes, offenes Stück im Stadtwäldchen) unter dem Pflaster einiger Hauptstraßen, worunter die prächtige Andrassy-Straße. Krümmungen kommen nur an ihren beiden Enden vor. Die Tunnelstrecke wurde nach Abb. 373 in offener Ausschachtung hergestellt. Seitenwände und Sohlengewölbe bestehen aus Beton (Mischung aus Zement und Flußkies), während die nach Abb. 369 u. 370 in der Mitte durch schmiedeiserne Säulen und zwei I-förmige Längsträger gestützte Decke aus eisernen, mit 1 m Abstand verlegten I-Querträgern und dazwischen gespannten Gewölbkappen aus Beton erstellt wurde. Auf sie legt sich die Straßenfahrbahn. Zum Schutz gegen etwa eindringendes Wasser ist die ganze

Digitized by Google

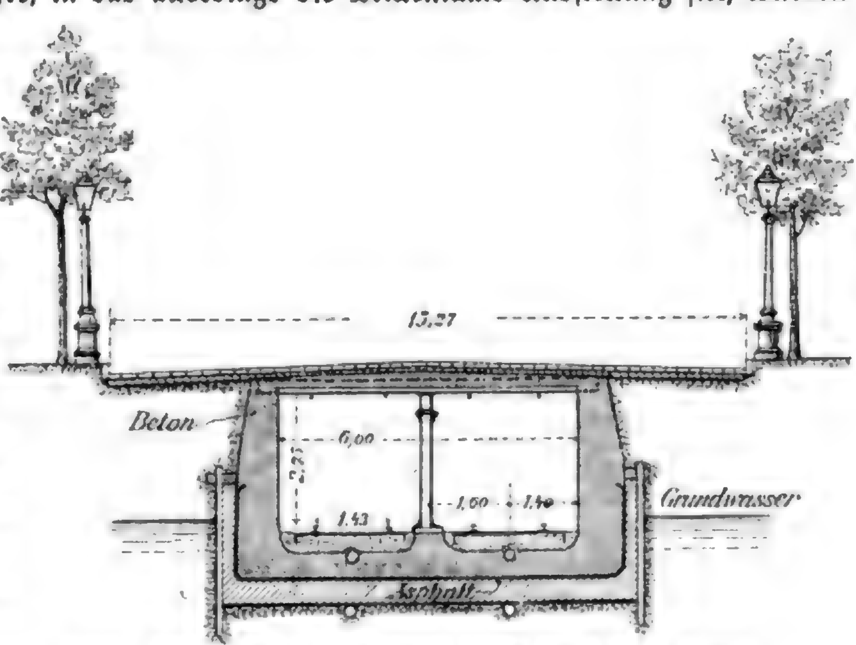
Tunneldecke mit Asphaltfilzplatten belegt worden. Auf der im Grundwasser liegenden Strecke der Andrassystraße wurde nach Abb. 370 das gleiche Mittel bei dem Fundamentbeton der Tunnelsohle angewandt. Es hat sich gut bewährt, und bis jetzt ist nirgends im Tunnel ein Durchsickern von Wasser zu bemerken gewesen. Die Breite des Tunnels beträgt 6 m, die Höhe über den Schienen $2^3/_4$ m. Letzteres Maß ist etwas gering, war aber bedingt durch den zu kreuzenden Haupt-Abzugskanal der Budapester Ringstraße. Da die Straße gleichzeitig von einer elektrischen Bahn mit unterirdischer Stromzuführung durchzogen wird, so war an dieser Stelle die Höhe für den Tunnel festgelegt. Die Pflasterung





369. Tunnel mit Unterführung einer Wasserleitung.

liegt auf der Tunneldecke und erhebt sich nirgends mehr als 1 m darüber. Die Treppen besitzen daher auch nur 19 bis 24 Stufen von je 15 cm Höhe, so daß die an der Außenseite der Gleise liegenden Bahnsteige — für jede Fahrtrichtung einer — leicht zu erreichen und Aufzüge entbehrlich sind. Die Zugänge zu den Stationen liegen in kleinen seitlich der Fahrstraße errichteten, reichverzierten Häuschen (Abb. 373). Es sind 11 Stationen mit durchschnittlich nur 370 m Abstand angeschlossen, was für die Heranziehung des Verkehrs besonders wichtig ist; die Unterpflasterbahn wird dadurch für das Publikum bequem benutzbar. Im Eröffnungsjahre, in das allerdings die Milleniums-Ausstellung fiel, wurden täglich über 15 000 Reisende befördert, ausnahmsweise auch schon 34 500 an einem Tage. — Der Oberbau zeigt Stegschienen auf eisernen Querschwellen. Erstere sind nach Abb. 126 mit Blattstoß verlegt und mittels der Haarmannschen Hakenplatte (Abb. 137) auf den Schwellen befestigt.



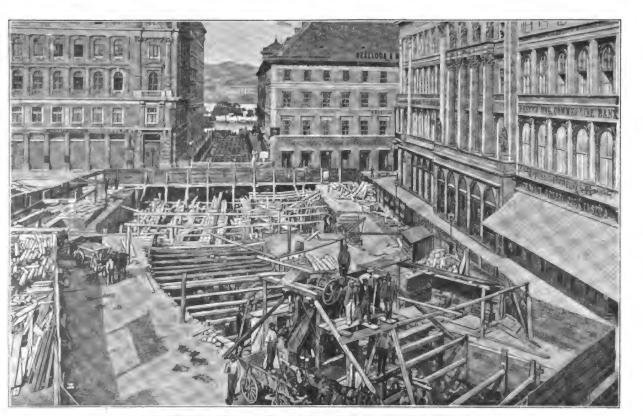
370. Tunnel in der Grundwasserstrecke der Andrassystraße.

Der zum Betriebe der Wagen sowie zur Beleuchtung der Stationen und der Lichtsignale dienende elektrische Strom wird von dem Krafthaus (Dampfmaschinen und Siemenssche Dynamos) durch Kabel, welche in die Straßen eingebettet sind, der etwa in Bahnmitte gelegenen Oktogonstation zugeleitet und zwar getrennt für Kraft- und Lichtzwecke. Sämtliche Leitungen sind an der Tunneldecke aufgehängt; diejenigen für den Wagenbetrieb — je 2 über jedem Gleise — bestehen aus leichten Grubenschienen. Sie sind in den Abb. 369 u. 370 erkennbar. Ein am Wagendach angebrachter zweiteiliger Bügel (Abb 375) entnimmt der einen Schienenleitung den Strom für die Drehgestellmotoren und führt ihn von diesen wieder nach dem anderen Grubenschienenstrang und damit nach den Dynamos zurück. Die Fahrschienen werden hier also nicht für die Rückleitung des Stromes benutzt, wie dies sonst bei elektrischen Bahnen meistens der Fall ist. Die Beleuchtung der mit weißen Fliesen ausgekleideten Stationen (Abb. 374) erfolgt durch Glühlampen.

371. Eiserner Deckenbau der Station Arenastraße.

372. Ansicht der Treppenhäuschen der Station Arenastraße.

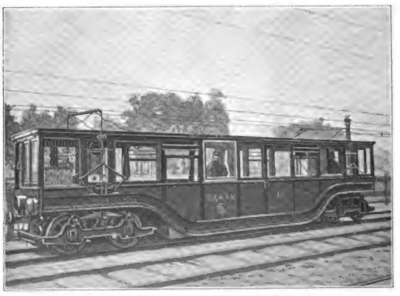
Digitized by Google



373. Elektrische Untergrundbahn zu Budapest: Bau der Haltestelle Giselaplatz.

Digitized by Google

374. Innere Ansicht der Station Oktogonplatz.



375. Drehgestellwagen mit unmittelbarem Antrieb.

Digitized by Google

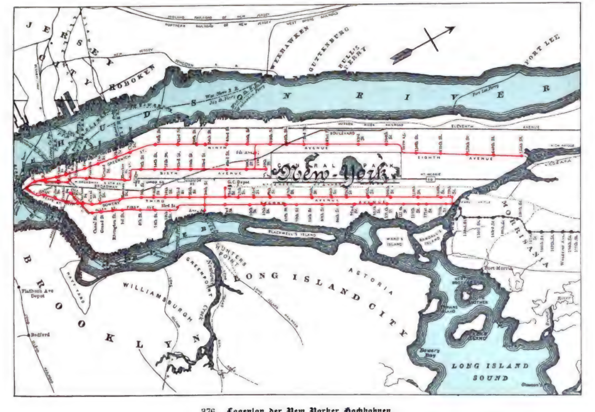
Auf der Linie verkehren nur Motorwagen und zwar einzeln, d. h. Einzelwagen, deren Räder durch den elektrischen Strom angetrieben werden. An Tagen starken Andrangs folgen sich die Wagen in zweiminutlichen Zeiträumen. Bei den vorliegenden geringen Stationsabständen mußte auf die Sicherung des Wagenlaufs ganz besonders Bedacht genommen werden.

Behördlicherseits war vorgeschrieben, daß die Wagen sich höchstens in Stationsabständen folgen dürfen. Es wurde deshalb von den Erbauern der Bahn eine selbstthätige Lichtblockanlage eingerichtet. An dem Ausfahrtsende eines jeden Bahnsteigs ist eine elektrische Signallampe und daneben am Gleis ein dazu gehöriger Umschalter angebracht. Verläßt ein Wagen die Station, so stößt ein an ihm befindliches Anschlageisen den Schalthebel um. Die Signallampe der Abfahrstation wird dadurch rot geblendet (Haltsignal), gleichzeitig aber die in der rückwärts gelegenen Station weiß (Fahrsignal), während in der vorgelegenen Station neben dem weißen Signallicht ein kleines rotes Glühlicht sichtbar wird. Jeder Wagen deckt sich also selbstthätig und gibt gleichzeitig die durchfahrene Blockstrecke frei, er versieht also gleichsam das S. 315 geschilderte Amt eines Blockwärters, während er ferner durch das kleine rote Glühlicht dem vorgelegenen Bahnsteigbeamten die Einfahrt eines Wagen in die rückwärtige Strecke anzeigt. Um das Drehen der langen, 15 000 kg schweren Drehgestellwagen an den Endpunkten zu vermeiden, ist jedes Wagenende über dem Drehgestell mit einem die Anfahrvorrichtungen u. s. w. enthaltenden Führerabteil ausgestattet. Damit nun trotz der geringen Tunnelhöhe der Wagenkasten eine lichte Höhe von 2,2 m erhalten konnte, sind seine Längsträger zwischen den Drehgestellen nach unten durchgebogen. Je eine Radachse der Drehgestelle wird durch einen Elektromotor angetrieben und zwar entweder mittels Gliederketten oder unmittelbar. Die Baukosten einschließlich Ausrüstung der Linie haben rund 7 Millionen Mark betragen, das macht fast 2 Millionen Mark für das Kilometer. Der großartige Erfolg dieser Bahnanlage ist von bestimmendem Einfluß auf die jetzt im Bau begriffene Pariser Untergrundbahn gewesen. Auch die Berliner Unterpflasterbahn wird wie sie zur Ausführung gebracht werden.

Die New Yorker Hochbahnen.

Die New Yorker Hochbahnen durchziehen die auf der langgestreckten Manhattan-Halbinsel erbaute Stadt in vier gleichlaufenden Hauptstraßen, Avenues genannt. Abb. 376 zeigt ihren Lageplan, in welchem der geradlinige Verlauf dieser Bahnen auffällt. Jede Linie ist — von einer kurzen dreigleisigen Strecke abgesehen — zweigleisig und wird für sich betrieben. An sechs Querstraßen sind Abzweigstationen errichtet. Die insgesamt $51\frac{1}{2}$ km langen Bahnen berühren 96 an Straßenkreuzungen errichtete Stationen, deren durchschnittliche Entfernung 540 m beträgt. Die Linie der zweiten Hauptstraße findet jenseit des Harlemflusses für den Vorortverkehr Fortsetzung, während im benachbarten Brooklyn eine besondere Hochbahn besteht. Die Höhenlage der Gleise über Pflaster steigt bis 20 m. Entweder liegen die Gleise in der Mitte der Straßen auf gemeinsamer Fahrbahn, welche von paarweise angeordneten Eisenpfeilern getragen wird, oder es ruht jedes Gleis auf schmalem Gerüst mit Einzelstützen an jeder Seite der Straße. Die Spurweite beträgt 1,435 m. Die Gleisbögen sind oft recht scharf; ihr kleinster Krümmungshalbmesser geht bis auf 27 m herab. Abb. 377 zeigt einen solchen Kurvenabschnitt. Auch auf diesen Bahnen sind die Stationen für jede der beiden Fahrrichtungen getrennt ausgebildet, allerdings in sehr bescheidenen Verhältnissen (Abb. 378). Treppen führen von der Straße hinauf zum Fahrkartenschalter. Vor dem Betreten des Bahnsteigs wirft der Reisende seine Fahrkarte in einen Glaskasten, in welchem sie durch einen Beamten mittels Hebelwerks zerschnitten wird. Der Zu- und Ausgang ist wie auf den Londoner Untergrundbahnen gesondert, so daß jegliches Gedränge der abfahrenden und ankommenden Reisenden vermieden wird. Beim Einlaufen eines Zuges schließt der vorgenannte Beamte den Zugang zum Bahnsteig.

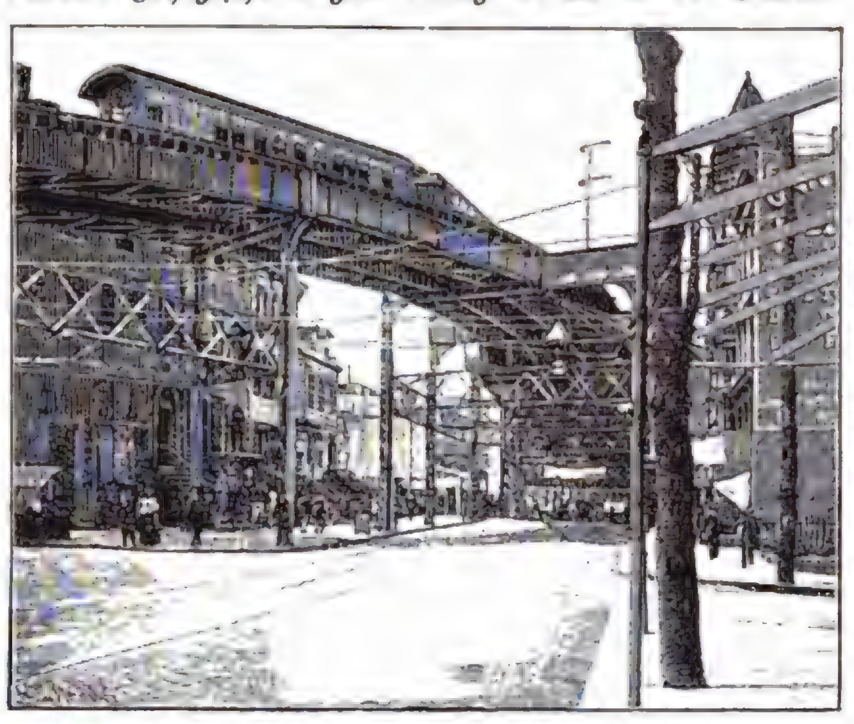
Die Züge bestehen aus Lokomotive und 2—5, je 80 Personen fassenden Durchgangswagen. Die Plattformen je zweier zusammenstoßender Wagen werden bei Abfahrt



376. Lageplan der New Yorker Hochbahnen.

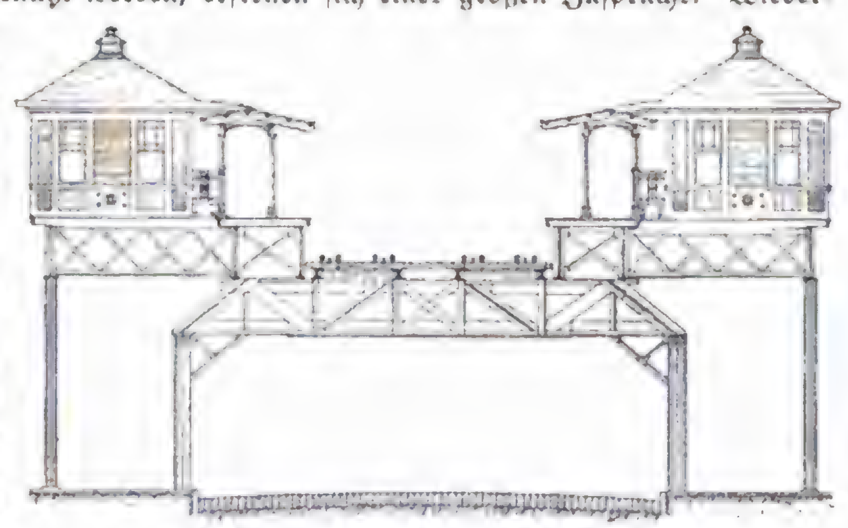
des Zuges durch einen Schaffner mittels Drehthüren abgeschlossen und erst geöffnet, wenn der Zug steht.

Der Aufenthalt der Züge auf den Stationen währt meistens nicht länger als 15 Sekunden. Die größte erlaubte Fahrgeschwindigkeit beträgt 40 km in der Stunde. Die 13,5 km lange Hauptlinie (3. Avenue), an welcher 27 Stationen liegen, wird einschließlich aller Stationsaufenthalte in 43 Minuten durchfahren. Es ergibt dieses eine mittlere Reisegeschwindigkeit von 19 km in der Stunde, also 1 km mehr als auf den älteren Londoner Untergrundlinien. Der Verkehr dieser nur 51 1/2 km langen Bahnen ist ein erstaunlicher. Im Jahre werden jetzt über 200 Millionen Reisende befördert, also täglich etwa 550 000! Während der dreitägigen Kolumbusfeier im Oktober 1892 sind auf diesen vier Linien insgesamt 10 578 Züge gefahren, eine im Eisenbahnwesen einzig dastehende Zugzahl. Ohne die Hochbahnen wäre eine Bewältigung des New Yorker Riesenverkehrs nicht denkbar. Auch die dort zahlreich vorhandenen Straßenbahnen, welche namentlich für kurze Entfernungen sowie für die Querstraßen benutzt werden, erfreuen sich eines großen Zuspruchs. Wiederholt sind schon Untergrundbahnen für die weitere Entlastung der New Yorker Straßen geplant, darunter sogar solche in zwei Höhenlagen: Eine Röhrentiefbahn nach Londoner Art unterhalb einer Unterpflasterbahn nach Budapester Anordnung.



377. Gleisbogen der New Yorker Hochbahnen. Nach „Deutsche Bauzeitung“.

Die Lokomotiven der Hochbahnen werden zwecks Rauchverminderung mit Anthracit gefeuert. Die Drehgestellwagen besitzen Petroleumbeleuchtung, Dampfheizung und die Eames-Luftsaugebremse (S. 261).



378. Querschnitt einer Station der New Yorker Hochbahnen. Nach „Zeitschrift d. Ver. deutscher Ingenieure“.

Die Einführung des elektrischen Betriebes, der sich mittlerweile auf den Hochbahnen in Liverpool, Chicago, Boston u. s. w. gut bewährt hat, steht in kurzem bevor. Auf den letztgenannten Linien hat man von elektrischen Lokomotiven, wie sie in den Londoner Röhrentiefbahnen und auf der Pariser Stadtbahn benutzt werden, abgesehen und treibt die Drehgestelle der Wagen unmittelbar an (vergl. auch Abb. 56). Diese Antriebsart ist auch für die elektrische Hochbahn in Berlin gewählt.

Digitized by Google

Die elektrische Hochbahn in Berlin.

Diese seit Herbst 1896 im Bau befindliche und zur Zeit ihrer Vollendung entgegengehende Anlage weicht von den bestehenden Hochbahnen namentlich dadurch ab, daß an mehreren Stellen ihres Linienzuges Unterpflasterstrecken eingeschaltet sind, in die sich die Hochbahn mittels steiler Rampen hinabsenkt, und daß ihre Erbauer (Siemens & Halske) bemüht gewesen sind, der Bahn, wie erwähnt, ein möglichst gefälliges Gepräge zu verleihen. Die zweigleisige Linie beginnt am Wilhelmplatz in Charlottenburg und zieht sich in 12,6 km Länge an der Station „Zoologischer Garten“ der Berliner Stadtbahn vorbei durch den Süden der Reichshauptstadt, überschreitet östlich vom Görlitzer Bahnhof die Spree mittels der in Abb. 380 wiedergegebenen Oberbaumbrücke und endigt nahe der Ringbahnstation „Warschauer Straße“. Zwischen der Anhalter und Potsdamer Bahn läuft ein Zweig mittels zweier Krümmungen, dadurch nach Abb. 379 ein „Gleisdreieck“ bildend, nach dem Potsdamer Bahnhofe aus und zwar in seiner 330 m langen Endstrecke als Unterpflasterbahn. Eine Weiterführung der letzteren von hier nach dem Mittelpunkte Berlins ist geplant. Auch das etwa 4 km lange Anfangsstück zwischen dem Wilhelm- und Nollendorfplatz gelangt jetzt als Unterpflasterbahn zur Ausführung. Abb. 379 zeigt das eigenartige Gleisdreieck in einfachen Linien. Seine Anordnung war nicht leicht; die einzelnen sich kreuzenden Gleise mußten in verschiedener Höhe übereinander fortgeführt werden, um bei der schnellen Zugfolge einen möglichst gesicherten Zugbetrieb zu erhalten. In der Hochbahnstrecke ruhen die beiden normalspurigen Gleise auf einer gemeinsamen, 7 m breiten, wasserdichten Fahrbahn, welche von einem schmiedeisernen Unterbau auf Pfeilerstützen getragen wird. Die Schienen liegen in den Stationen 5,3 m über Pflaster, die Bahnsteige 0,85 m höher, so daß etwa 38 Treppenstufen von den Reisenden zu ersteigen sind, also ungefähr doppelt so viel wie bei der Budapester und der demnächstigen Berliner Unterpflasterbahn. Übrigens liegen bei einigen Stationen der Berliner Stadtbahn die Bahnsteige bis 7,2 m über der Straße.

379. Das Gleisdreieck.

Die Bahnlinie berührt in Abständen von 340 bis 1940 m 6 Tief- und 10 Hochbahnstationen. Die allgemeine Anordnung letzterer ist ähnlich derjenigen in New York, aber in der äußeren Erscheinung grundverschieden von dem amerikanischen Bilde (Abb. 378). Zeigt dieses durchweg die nüchternste Auffassung und größte Sparsamkeit, so bekunden die Berliner Anlagen, unter denen namentlich die Stationen „Nollendorfplatz“ und „Potsdamer Straße“ hervorragen, das Gegenteil. Ihre Erbauer sind mit allen Mitteln bestrebt gewesen, in ihnen nicht nur Stationen zu schaffen, welche den Anforderungen des Verkehrs genügen, sondern gleichzeitig auch Bauwerke, die einer Stadt wie Berlin nicht zur Unzierde gereichen. Die künstlerische Behandlung dieser Nutzbauten lag in den Händen bewährter Architekten. Ein Viertel der Bahnlinien liegt in Krümmungen, deren schärfste 80 m Halbmesser besitzt. Etwa $^3/_5$ der Bahn liegen in der Wagerechten. Die größte Steigung beträgt 1 : 100, nur auf den Übergangsrampen von der Hoch- zur Unterpflasterbahn findet sich die Steigung von 25 ‰ (1 : 40). Die Züge werden aus 1 bis 2 Motorwagen und 1 bis 2 Anhängewagen gebildet. Die Drehgestelle der ersteren werden je durch 1 Elektromotor angetrieben.

Die gesamten Anlagekosten dieser Bahn sind einschließlich des Grunderwerbs, des Krafthauses und der Ausrüstung auf rund 25 Millionen Mark veranschlagt, was für

380. Oberbaumbrücke.

381. Station Gitschinerstraße im Bau.

Digitized by Google

das Kilometer etwas über 2 Millionen Mark ergibt, also fast dasselbe wie bei der Unterpflasterbahn in Budapest.

Die im Anschluß an die Hochbahn entworfene Unterpflasterbahn nach dem Schloßplatz sowie nach dem Spittelmarkt lehnt sich ganz an das Budapester Vorbild an, nur ist ihr Tunnelquerschnitt geräumiger bemessen und zwar ist seine Breite auf 6,25 m, seine lichte Höhe auf 3,3 m festgesetzt. Die Ausführung selbst wird sich in Berlin schwieriger gestalten, da hier die Boden- und Grundwasserverhältnisse weit ungünstiger sind. Die Tunnelsohle liegt fast durchweg im Grundwasser. Die Tunnelwände nebst Sohlengewölbe müssen deshalb durch Asphaltfilz wasserdicht gemacht werden (vgl. Abb. 370).

Durch ihren Bau wird der Reichshauptstadt nicht nur eine hochbedeutsame Verkehrserleichterung geschaffen, sondern auch eine technische Sehenswürdigkeit ersten Ranges.

Hänge- oder Schwebebahnen.

Die schon oben kurz berührten Schwebebahnen stammen mit ihrem ersten Entwurf aus dem Jahre 1821. Ihr Erfinder, der Engländer Robinson Palmer erbaute 5 Jahre später eine Modellbahn mit tierischer Zugkraft in dem Museumsgarten zu Elberfeld. Sie bewährte sich, und nach ihrer Anordnung sollte eine Kohlenbahn zwischen Barmen und Elberfeld angelegt werden. Die Sache zerschlug sich aber und geriet ziemlich in Vergessenheit, um erst 1870 in wesentlich verbesserter Form durch Fell (S. 140) in England neu zu erstehen. Er führte in jenen Jahren in Lancashire eine 160 m lange Schwebebahn auf Einzelstützen aus, die er „Hängebahn" nannte.

Die Wagen griffen sattelförmig über die beiden mit $1\frac{1}{2}'$ engl. = 475 mm Spur verlegten Fahrschienen und stützten sich mittels Rollen unten gegen die Längsträger. Der Betrieb erfolgte durch eine feststehende Dampfmaschine und endloses Seil, an das die Wagen gekuppelt wurden. Die Geschwindigkeit betrug bis 24 Kilometer in der Stunde. Eine ähnliche Bahn baute Fell zwei Jahre später in dem bekannten Militärlager von Aldershot.

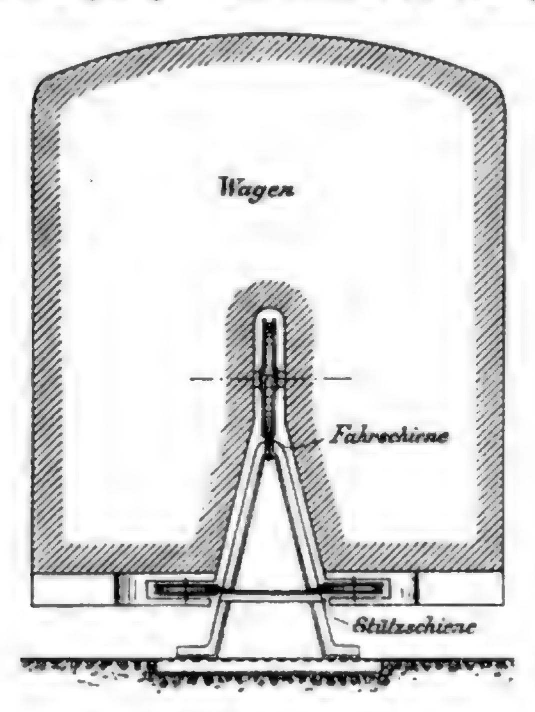
Seitdem sind zahlreiche Entwürfe zu ähnlichen Bahnen aufgetaucht, teils auch verwirklicht. Haddan baute im Jahre 1875 nach einer abgeänderten Anordnung eine längere Bahn in Syrien. Ein Jahr später war von Le Roy-Stone auf der Weltausstellung in Philadelphia eine Probebahn mit einer Fahr- und zwei Stützschienen ausgestellt, wobei die Zugkraft durch eine eigenartig angeordnete Lokomotive ausgeübt wurde. Die Fahrzeuge griffen auch hier sattelförmig über das dreieckförmig gestaltete Fahrbahngerüst.

Eine ganz ähnliche Anordnung finden wir darauf um das Jahr 1880 bei Lartigue, durch den die sogenannte Einschienenbahn allgemein bekannt geworden ist. Abb. 382 zeigt seine Bauweise in einfachen Linien. Die dreieckigen Bockgerüste für die Schienen sind hier auf eisernen Querschwellen befestigt. Die 3 Schienen bilden zugleich den Längsverband für die Böcke, deren Entfernung voneinander 1 m beträgt. Bahnen dieser Art sind mehrfach ausgeführt in Spanien, Tunis, Algier (105 km), Irland u. s. w. Die 1888 eröffnete irische Anlage ist 15 km lang und durch die gute Durchbildung ihrer Betriebsmittel bemerkenswert. Die größte Steigung beträgt 20‰ (= 1:50), der kleinste Krümmungshalbmesser 20 m. Im Betriebe stehen drei Verbundlokomotiven, von je 4500 kg Leer- und 6500 kg Dienstgewicht, sieben Personenwagen und eine Anzahl Vieh- und Güterwagen. Abb. 383 zeigt die Vorderansicht der Lokomotive. Auf jeder Seite des Schienengerüstes liegt ein Dampfkessel, während die beiden Dampfcylinder (D D) oberhalb der Fahrschiene sich befinden und ihre Arbeit an drei miteinander gekuppelte und mit doppelten Spurkränzen versehene Treibräder (L) abgeben. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 21 km in der Stunde.

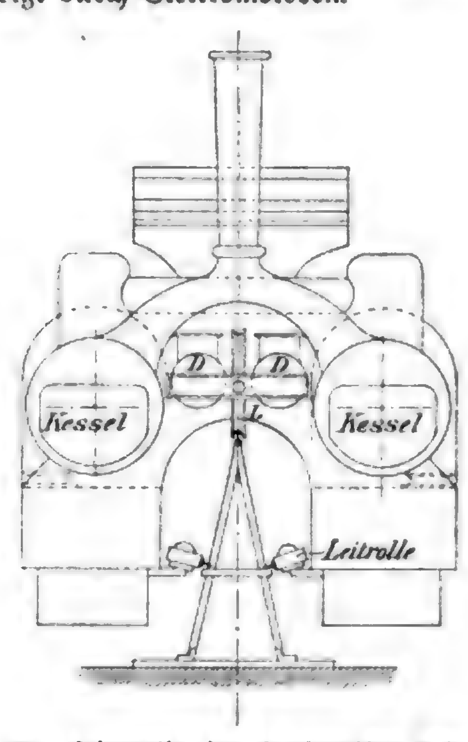
Die Sicherheit gegen Entgleisung ist groß. Wegen ihrer hohen Schienenlage über Erdfläche (= 1 m) eignet sich eine solche Bahn für Gegenden, welche der Sandverwehung ausgesetzt sind. Nachteilig ist aber das Hindernis, das jedem anderen Verkehr durch die fortlaufende Gerüstanlage erwächst. In dieser Form kann die Lartiguesche Bauart nicht für städtische Hochbahnen Verwendung finden, wohl aber, wenn statt der Gleisböcke Gitterträger auf hohen Eisenpfeilern gewählt werden, wie es für Paris in größerer Ausdehnung

geplant war. Die Gitterträger tragen oben die Fahrschiene und geben in ihrer unteren Gurtung die Führung für die seitlichen Rollen ab.

Später haben Decauville, Meigs, Behr, Beyer, Enos, Cook, Dietrich u. a. Entwürfe aufgestellt, wonach die Wagen auf einer bis zwei Fahrschienen laufen und durch eine bis vier Stützschienen gegen Seitenschwankungen gesichert werden. Beyer stützt die Wagen oberhalb ihres Daches ab, die meisten anderen jedoch unten. Abb. 384 zeigt die aus dem Jahre 1889 stammende Anordnung von Enos, wie sie für eine 43 km lange Hochbahn zwischen den nordamerikanischen Städten St. Paul und Minneapolis zur Ausführung gelangt ist. Für eine zweigleisige Bahn ist nur eine Stützenreihe erforderlich, die mittels seitlicher Konsolen die beiden aus Gitterwerk gefertigten Längsträger mit ihrer Fahrschiene hält. Der Gerüstbau nimmt den Straßen nur wenig Licht und Luft. Jeder Wagen wird gegen den Untergurt seines Längsträgers durch vier schräggestellte Rollen abgestützt. Der Antrieb jedes Wagens erfolgt durch Elektromotoren.



382. Lartigues Dreischienenbahn.



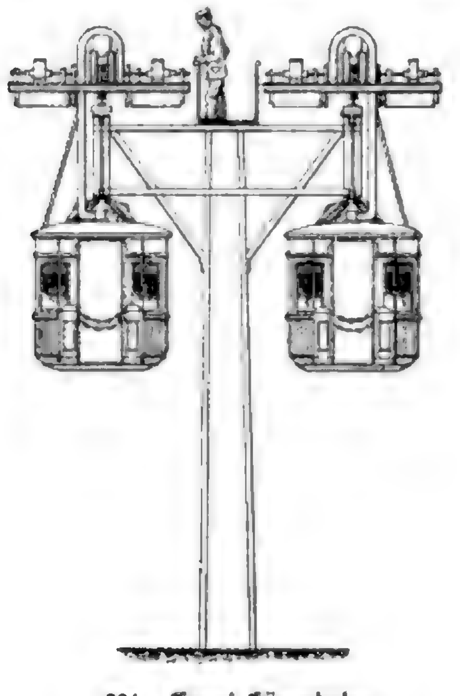
383. Lokomotive der Lartigueschen Bahn.

Je mehr Fahr- und Stützschienen Verwendung finden, desto schwieriger wird übrigens die genaue Herstellung und desto mehr leidet bei unterlaufenen Fehlern in der gegenseitigen Schienen- und Rollenlage die ruhige Gangart. Am weitesten mit der Schienenzahl ist Behr gegangen. Seine auf der Brüsseler Ausstellung 1897 vorgeführte Versuchsbahn zeigte fünf Schienen, wovon vier zur seitlichen Stützung dienten, während der Wagen 40 Räder besaß (8 Treibräder mit doppeltem Spurkranz und 32 Führungsräder). Diese Anordnung wird schwerlich Nachahmung finden.*)

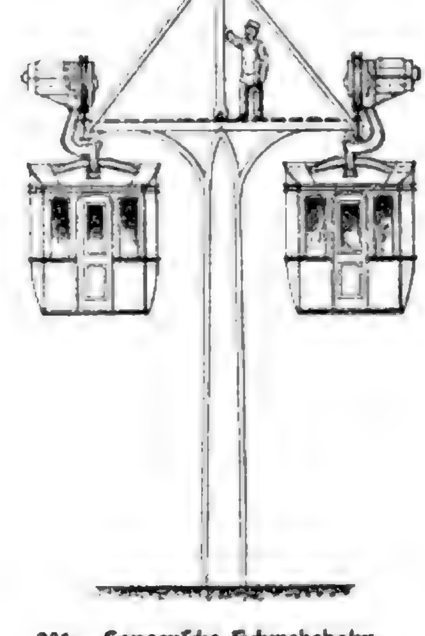
Daß man mit weit einfacheren Mitteln den Zweck noch besser erreichen kann, zeigt die Langensche Schwebebahn. Hier sind nach Abb. 385 die Wagen frei schwebend an einer Fahrschiene aufgehängt und entbehren jegliche Seitenunterstützung. Es ist dieses eine Anordnung, wie sie seit langem bei den bekannten Luftseilbahnen für Industriezwecke üblich ist. E. Langen, der bekannte, 1895 verstorbene Kölner Großindustrielle, hatte auf seiner ersten, 1893 erbauten Probestrecke in Deutz noch 2 Fahrschienen angewandt. Sehr bald ging er jedoch zu der einschienigen Bauweise über, wie

*) Sie wurde allerdings 1899 als „Schnellbahn" für die 48 km lange Strecke Liverpool-Manchester (vgl. S. 77) in Vorschlag gebracht. Nach dem dem englischen Parlament zur Genehmigung vorgelegten Entwurf soll zwecks Vermeidung der bei einer Fünfschienenbahn sich sehr verwickelt gestaltenden Ausweichestellen stets nur ein Zug (1 Wagen mit 100 Sitzplätzen) unterwegs sein, dessen Fahrgeschwindigkeit auf 90 engl. Meilen = 144 km/Std. festgesetzt ist. Man würde sonach in 20 Minuten von der einen zu der anderen Stadt gelangen können.

sie jetzt auch bei der 13,3 km langen zweigleisigen Schwebebahn Elberfeld-Vohwinkel zur Ausführung gekommen ist. Das Eigentümliche der Langenschen Schwebebahn besteht darin, daß die Wagen frei nach der Seite ausschwingen und sich schräg stellen können, sobald entsprechend starke Seitenkräfte auf sie einwirken. Solche sind: die Fliehkraft in den Gleisbögen, der Winddruck und einseitige Belastung durch die Reisenden. Eingehende Versuche haben dargethan, daß die beiden letzten Kräfte keinerlei bedenklichen Einfluß auf die schweren Wagen einer Stadtbahnlinie ausüben. Sonach kommt allein die Fliehkraft in Frage. Das durch sie bewirkte Schiefstellen der Fahrzeuge fällt um so stärker aus, je größer die Fahrgeschwindigkeit und je kleiner der Krümmungshalbmesser ist. Durch geeignete Wahl beider Größen kann man das Schrägstellen genau begrenzen. Beispielsweise stellen sich die Wagen in einem 90 m-Bogen bei 40 km Fahrgeschwindigkeit etwa 7° schief, was von den Reisenden wohl kaum empfunden wird. Wichtig ist der Anschluß eines Gleisbogens an die gerade Strecke. Ginge er unvermittelt in die letztere über, so würde an dieser Stelle der Einfluß der Fliehkraft plötzlich aufhören, der Wagen müßte daher infolge seiner



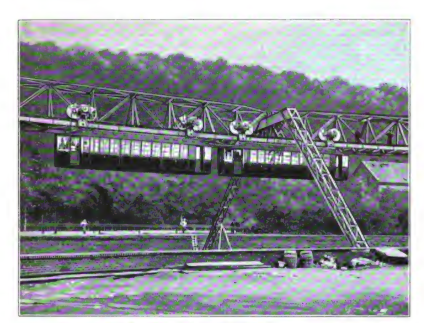
384. Enos' Hängebahn.



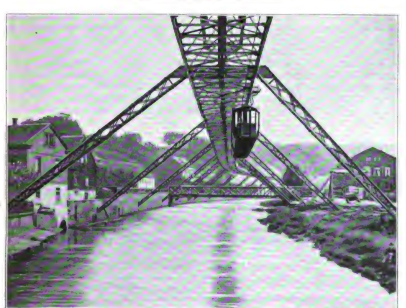
385. Langensche Schwebebahn.

Schwerkraft nach der entgegengesetzten Seite ausschlagen und würde dadurch ins Schaukeln geraten. Das muß vermieden werden, und deshalb wird jede Krümmung vermittelst einer Übergangskrümmung allmählich in die Gerade übergeführt und ebenso allmählich kehrt jetzt der Wagen beim Austritt aus dem Gleisbogen ohne Pendelbewegungen in seine senkrechte Lage zurück. Krümmung und Gegenkrümmung werden nach der kubischen und gewöhnlichen Parabel geformt. Die Gangart der Wagen ist eine sehr sanfte und ruhige. Die Aufhängung ist so getroffen, daß ein Kippen oder Abstürzen, selbst bei einem Rad- oder Schienenbruch ausgeschlossen erscheint.

Bei der Elberfelder Schwebebahn zieht sich die Fahrbahn innerhalb der industriereichen Städte Barmen und Elberfeld ständig über der vielfach gekrümmten Wupper hin, deren Lauf sie kurz vor dem Elberfelder Vorort Sonnborn verläßt, um von hier der Hauptstraße dieses Ortes und der sich anschließenden Stadt Vohwinkel zu folgen. Beide Endpunkte der Bahn liegen dicht neben einem Bahnhofe der Staatsbahn. Die größte Steigung beträgt 45‰ (1 : 22), die schärfsten Krümmungen in der Hauptstrecke besitzen 90 m Halbmesser; nur ein Bogen vor der Endstation Vohwinkel zeigt 30 m, ist aber immer noch flacher als die kleinsten Krümmungen der New Yorker Hochbahnen. Dagegen kommen in den Umkehrschleifen und Betriebsgleisen Gleisbögen von nur 8 m vor. Der eigentliche Fahrbahnträger hat nach Abb. 385 I-Form; zwischen den 4 m voneinander entfernten einschienigen Gleisen liegt wie bei Enos ein Laufsteg für die Aufsichtsbeamten. Statt der



386. Seitenansicht der Elberfelder Schwebebahn.



387. Unteransicht der Elberfelder Schwebebahn.

Digitized by Google

in der Abb. 385 gezeichneten Einzelstütze wird die Fahrbahn über der Wupper von je 2 schräg gestellten Gitterstreben (Abb. 386 u. 387) getragen, dagegen über der Fahrstraße von portalartigen, in den Bürgersteigen lagernden Stützen. Alle 200 bis 300 m sind unverrückbare Eisenjoche aufgestellt, welche den Längsschub der Bahn aufzunehmen haben, während die vorgenannten in etwa 30 m Abstand errichteten Zwischenstützen den durch die Wärmeänderungen veranlaßten Längenverschiebungen nachgeben müssen und deshalb als Pendelstützen ausgebildet sind. Dem entsprechend besitzt die Gleisbahn in der Mitte zwischen je zwei festen Jochen eine Ausgleichstelle. Die Bahnlinie berührt 20 Stationen, was einen durchschnittlichen Stationsabstand von 700 m ergibt. Die Treppen sind wegen der tiefen Lage des Wagenfußbodens meist nur $4^1/_2$ m hoch.

Die Züge bestehen aus 2 Wagen mit 50 Plätzen. Jeder Wagen hängt an 2 Drehgestellen, in deren hakenförmigen Tragarmen die Drehzapfen sitzen, so daß die Räder sich leicht in den Gleisbögen nach deren Mittelpunkt einstellen können. Sämtliche 4 Räder jedes Drehgestells werden durch einen Elektromotor angetrieben. Der Strom von 500 Volt Spannung wird mittels Schleifkontakte der Arbeitsleitung entnommen. Die größte Fahrgeschwindigkeit ist vorläufig auf 40 km in der Stunde festgesetzt und wird nach Angabe der Bahngesellschaft in etwa 15 Sekunden nach Abfahrt erreicht. Die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit (Aufenthalte eingerechnet) wird hiernach etwa 30 km in der Stunde betragen. Die Gesellschaft hofft, beide Geschwindigkeitswerte später um je 10 km erhöhen zu können, um den Vorteil des rascheren Anfahrens, den der elektrische Betrieb gegenüber dem Dampfbetrieb besitzt, voll ausnutzen zu können.

Die Stationssignale werden in ganz ähnlicher Weise wie auf der Budapester Untergrundbahn (S. 369) selbstthätig durch die Wagen gestellt.

Die Gleise laufen an den Endpunkten mittels einer Rückkehrschleife von nur 8 m Halbmesser ineinander über, so daß die Wagen nicht gedreht zu werden brauchen. Die gesamten Anlagekosten einschließlich Ausrüstung stellen sich etwa auf 700000 Mark für 1 km, sind also wesentlich geringer als die der früher besprochenen Stadtbahnen. Die Langensche Schwebebahn ist ohne Frage eine der eigenartigsten Ausführungen. Auf anmutige Wirkung in ihrer äußeren Erscheinung kann sie allerdings ebensowenig Anspruch erheben wie alle anderen Hochbahnen, wenngleich sie noch eins der verhältnismäßig schmalsten und durchsichtigsten Trägergerüste aufweist. Außer der Elberfelder Schwebebahn ist zur Zeit noch eine kleine zweigleisige Bergbahn mit Seilbetrieb in Loschwitz bei Dresden im Bau. Ihre Länge beträgt 250 m, die Höhenersteigung rund 80 m. Auch für Zahnschwebebahnen, Feldbahnen sowie namentlich für Schnellbahnen zwischen großen Städten plant die Schwebebahn-Gesellschaft (Nürnberg) ihre Bauart, die zweifellos ein sehr beachtenswertes Glied in der Entwickelung des Eisenbahnwesens bildet.

* * *

Hiermit seien die Betrachtungen über das Eisenbahnwesen geschlossen. Der Leser wird aus ihnen erkennen, wie ungemein vielseitig sich die Ausbildung dieses einflußreichen Kulturmittels im Laufe noch nicht eines Jahrhunderts gestaltet hat. Lokomotive und Schiene haben durch alle Erdteile ihren glänzenden Siegeszug gehalten, haben der Menschheit gewaltige Dienste geleistet und ihr segensreichen Nutzen nach den verschiedensten Richtungen gebracht. In ungeschwächter Bedeutung gilt daher auch heute noch das Wort Buckles:

„Die Lokomotive hat mehr gethan, die Menschen zu vereinen, als alle Philosophen, Dichter und Propheten vor ihr, seit Beginn der Welt.“ —

Brücken und Viadukte.

Das Bedürfnis zur Herstellung der Verbindung zwischen zwei durch einen Flußlauf oder eine Thalschlucht unterbrochenen Wegestrecken machte sich naturgemäß schon in den frühesten Zeiten nach Herstellung der ersten Verbindungswege geltend. Man suchte zu diesem Zwecke seichte Stellen des Wasserlaufes auf, sogenannte Furten, und führte die Wege auf beiden Ufern an diese Stellen heran. An solchen Plätzen entstanden sehr bald Ansiedelungen, aus welchen sich im Laufe der Jahre Städte entwickelten, wie z. B. in Deutschland Frankfurt a. M. Mit der Zeit wurden Fähren erfunden, mit deren Hilfe der Verkehr zwischen den beiden Ufern vermittelt wurde. In den Gebirgen vermochte man nur durch die Schaffung von Brücken, welche allerdings häufig genug von der primitivsten Beschaffenheit gewesen sind, das Hindernis zu überwinden. Auch heute noch finden wir in einer Reihe südlicher Länder diese Verbindungen in einer Weise hergestellt, daß ihre Benutzung für den Fremden nur mit Aufwand eines gewissen Heroismus möglich ist. Als solche Verbindungen sind die Shula und der Sangho zu nennen. Mit dem Worte Shula bezeichnen die Gebirgsbewohner des Himalaja ein starkes über den Strom oder die Schlucht gespanntes Seil. Ein an diesem Seile hängender Block oder Bügel (Pwu) dient zur Aufnahme des Passagiers, welcher, auf diesem Blocke sitzend, von dem einen nach dem anderen Ufer gezogen wird resp. sich selber an dem Seile entlang zieht (Abb. 388). Unter „Sangho" versteht man eine aus Holz oder einem anderen passenden Material geflochtene Hängebrücke.

Als der Mensch nicht mehr sein eigenes Lasttier war, sondern zu diesem Zwecke Tiere benutzte, mußten diese Verbindungen eine weitergehende Ausbildung erhalten, und namentlich war dies der Fall, als der Wagen erfunden und benutzt wurde. Die ältesten festen Brücken, welche in einem weit zurückliegenden Zeitraume entstanden, sind jedenfalls hölzerne gewesen. Zu denselben können die Stege gerechnet werden, welche die Pfahldörfer mit dem Lande verbanden. Als eine sehr alte Brückenform sind jedenfalls auch die Auslegerbrücken anzusehen. Hierbei werden an beiden Ufern über das Wasser vorragende Anlagen aus Balken und Faschinen ausgeführt. Die Balken und Faschinen werden derart angeordnet, daß immer die Enden der einen Balkenreihe über die Enden der unter ihr liegenden Reihe hinausgehen. Solche primitive Brücken gibt es in den verschiedensten Teilen der Erde, beispielsweise in Mesopotamien und in Amerika (Abb. 389). Einzelne der im Altertume geschaffenen hölzernen Brücken erfreuen sich eines besonderen Ruhmes, so der Pons Sublicius in Rom, auf welcher Brücke sich der heldenmütige Kampf des Horatius Cocles in dem Kriege zwischen den Römern mit Porsena abspielte, die Rheinbrücke Cäsars und die Brücke Trajans über die Donau.

Das Streben der Menschen war frühzeitig darauf gerichtet, das vergängliche Holz durch ein dauerhafteres Material zu ersetzen. Zunächst wurden nur die Pfeiler in Stein und der Brückenbelag, d. h. die Fahrbahn, in Holz ausgeführt, wie solches von der Euphratbrücke in Babylon, welche in der Zeit Nebukadnezars erbaut wurde, berichtet wird. Der menschliche Geist ruhte nicht eher, als bis er auch für die hölzerne Brückenbahn einen

Ersatz gefunden hatte. In Nachahmung der Holzkonstruktion benutzte er zunächst steinerne Platten als Balken, und um den Zwischenraum zwischen zwei Pfeilern vergrößern zu können, schob er die Platten auf den Pfeilern konsolenartig vor, d. h. er kragte sie aus und bedeckte dann den verbleibenden Zwischenraum mit der Schlußplatte. Es ist von besonderem Interesse, darauf hinweisen zu können, daß dieses in der Kindheit des Brückenbaues angewandte Grundprinzip heute wieder, zu einer Zeit, in der die Brückenbaukunst eine ganz erstaunliche Ausbildung aufweist, in den sogenannten Auslegerbrücken, welche weiterhin eingehender zu schildern sein werden, zur Anwendung kommt.

Die Überkragung durch Steinplatten oder Steinbalken ermöglichte jedoch nicht die Überspannung größerer Weiten. Da im Altertume Eisen überhaupt nicht für Brückenbauten zur Verwendung kam, so konnte diese Aufgabe in Steinmaterial nur durch die Schaffung von Gewölben gelöst werden. Früher glaubte man, daß die so außerordentlich bedeutungsvolle Erfindung des Gewölbes in einer verhältnismäßig erst späten Zeit erfolgt sei, und man schrieb sie dem lachenden griechischen Philosophen Demokrit zu. Die moderne Forschung hat jedoch dargethan, daß schon vor Jahrtausenden Gewölb- oder wenigstens gewölbartige Bauten errichtet wurden. So weisen schon einzelne Pyramiden überwölbte Grabkammern auf. Die Etrusker müssen nach den bisherigen Ermittelungen als das Volk angesehen werden, welches zuerst wirklich gewölbte Brücken zur Ausführung brachte. Die Schüler dieses Volkes auf so vielen Gebieten, die Römer, erreichten in der Brückenbaukunst im Altertume die größte Meisterschaft. Die nach allen Himmelsrichtungen führenden und nach allen damals bekannten Ländern sich erstreckenden Römerstraßen bedingten eine überaus große Zahl von Brückenbauten, von welchen heute noch viele in ihrer imposanten Größe erhalten sind.

388. Hängebrücke über den Rio Chatatumbo. Nach „Mutter Erde“, 1899.

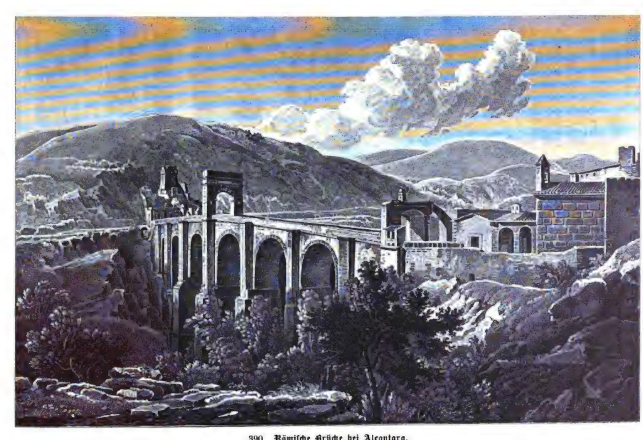
Als die bedeutendsten Brücken innerhalb der Stadt Rom sind der Pons Fabricius und der Pons Cestius, welche die Tiberinsel mit den beiderseitigen Ufern verbanden, sowie der zur Zeit Kaiser Hadrians von dem Kurator Messius Rusticus im Jahre 138 n. Chr. erbaute Pons Älius zu nennen. Diese Brücke ist heute unter dem Namen Engelsbrücke bekannt. Sie führt nach der Engelsburg, dem ehemaligen Grabmal des Kaisers Hadrian. Unter dem Kaiser Trajan, der auf allen Gebieten der Baukunst eine rege Thätigkeit entfaltete, wurden zwei der bedeutendsten Brückenbauten, welche das Altertum überhaupt hervorgebracht hat, vollendet, die Donaubrücke und die Brücke von Alcantara über

den Tajo. Die erstere Brücke wurde aus Anlaß der dacischen Kriege im Jahre 104 n. Chr. von dem Baumeister **Apollodorus** von Damaskus, dem Schöpfer der Trajanssäule und des Forum Trajani in Rom, erbaut. Die Brücke besaß eine Spannweite von 36 m, jedoch ist bis heute die Frage unentschieden geblieben, ob der Oberbau aus Holz oder Stein bestand. Nach der auf der Trajanssäule befindlichen Abbildung scheint der Bau aus gewaltigen hölzernen Sprengwerken errichtet gewesen zu sein. Die Brücke von **Alcantara** ist als eines der imposantesten Werke der Römer zu bezeichnen. Dieses Werk wurde von dem Baumeister Julius **Lacer** errichtet. Die Höhe der Brückenbahn über der Sohle des Tajo beträgt 54 m. Von den sonstigen überaus zahlreichen Römerbrücken seien noch genannt: Die Brücken über den Teverone, zu Rimini, zu Salamanca, zu Albaregas, in Pergamum, bei Kiakhta. Die mächtigen Überreste dieses letzteren Werkes üben eine besonders imposante Wirkung aus. Sie liegen, wie zahlreiche andere bedeutende Bauwerke früherer Zeiten in einer Gegend, die tief in der Kultur gesunken ist.

389. Alte Auslegerbrücke in Ecuador.

Die Römer bauten mit Vorliebe steinerne Brücken und benutzten hierbei vorzugsweise den Halbkreisbogen, bei welchem der Schub, den das Gewölbe auf seine Unterstützung, die sogenannten Widerlager, ausübt, nicht so mächtig ist als bei dem Segmentbogen (Abb. 391 u. 392). Es kam hinzu, daß die Einwölbung bei der ersten Form leichter ausführbar ist. Der Halbkreisbogen hatte jedoch den Nachteil, daß die Brückenfahrbahn nicht selten sehr hoch über dem Wasser lag und mühsam auf einer steil ansteigenden Rampe erstiegen werden mußte. Der Vorzug steinerner Brücken beruht auf ihrer Dauerhaftigkeit und den verhältnismäßig nur niedrigen Unterhaltungskosten, welche sie erfordern. Die Hauptbezeichnungen einer steinernen Brücke sind die folgenden. Den Hauptteil bezeichnet man mit **Gewölbe**. Dasselbe besteht gleichsam aus einzelnen Keilen, die sich aneinander legen und gegen die **Widerlager** stützen. Die Widerlager müssen so stark hergestellt werden, daß sie dem Schub, welchen das Gewölbe ausübt und der mit größerer Belastung stärker wird, zu widerstehen vermögen, d. h. weder umgekippt noch fortgeschoben werden. Die Stelle, an welcher das Gewölbe an das Widerlager stößt, nennt man den **Kämpfer**. Die untere Fläche des Gewölbes heißt **Leibung**. Um ein Gewölbe herstellen zu können, ist es notwendig, die einzelnen Bogensteine in ihrer Lage zu unterstützen. Diese Aufgabe löst das **Lehrgerüst**. Ist der Mörtel, welcher die Steine untereinander verbindet, erhärtet,

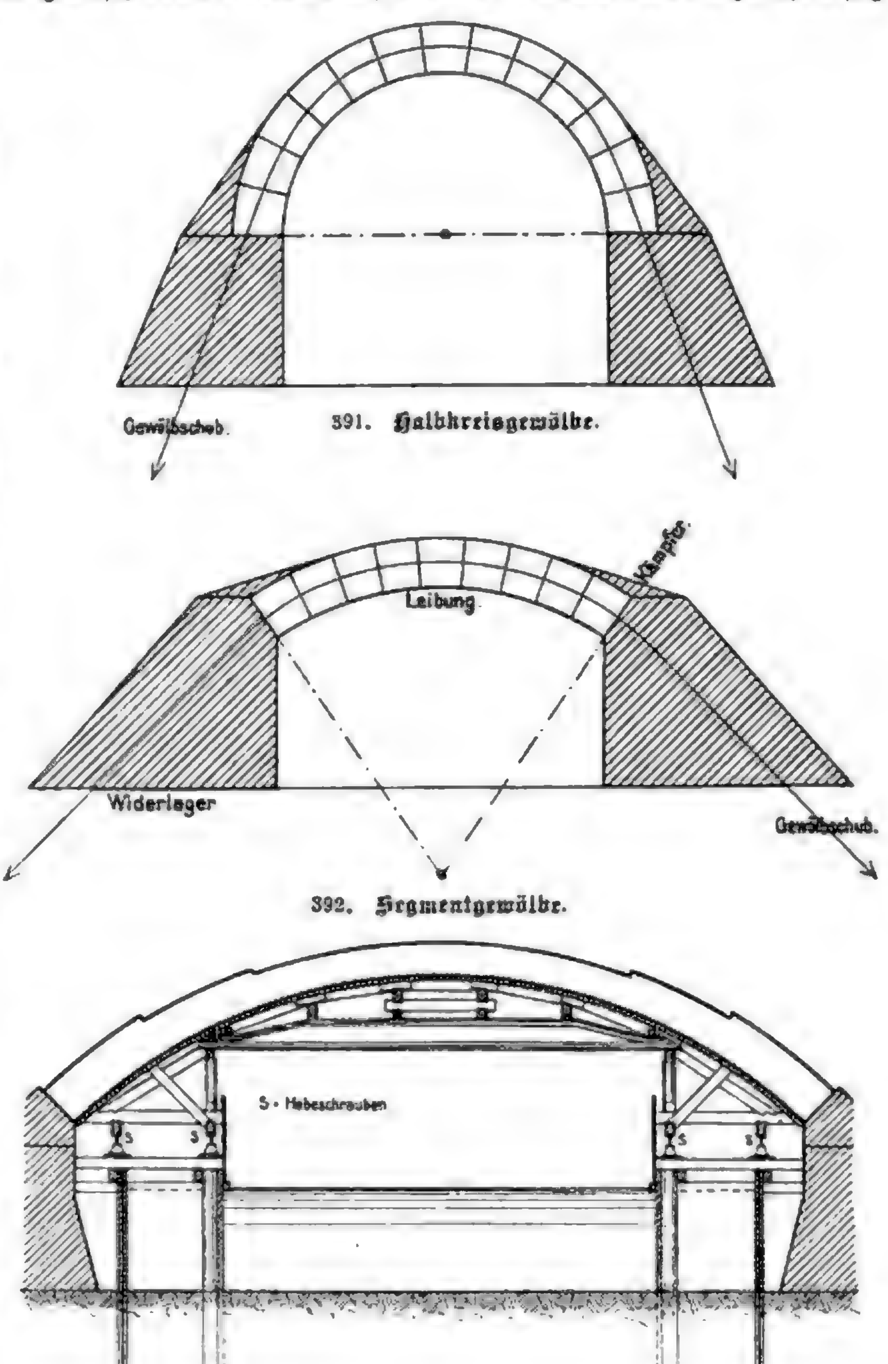
Digitized by Google



390. Römische Brücke bei Alcantara.

Digitized by Google

so wird das Lehrgerüst entfernt. Zu diesem Zwecke wird dieser Theil so angeordnet, daß er etwas gesenkt werden kann, wodurch das Gewölbe sich selbst tragen muß. Die Senkung bewirkt man in der Weise, daß man die Ständer des Lehrgerüstes in Sandtöpfe stellt und den Sand bei der Senkung herausfließen läßt, oder in der neueren Zeit meistens dadurch, daß man Hebeschrauben verwendet, die bei dem Ausrüsten gleichmäßig niedergedreht werden (Abb. 393).



391. Halbkreisgewölbe.

392. Segmentgewölbe.

393. Lehrgerüst.

Der Unternehmungsgeist und Wagemut der Römer schuf Brücken bis 37 m Spannweite, d. h. Weite der Brückenöffnung. Mit dem Niedergange des römischen Reiches sah Europa während vieler Jahrhunderte derartige großartige Bauten nicht mehr entstehen. Die beiden bedeutendsten Schöpfungen auf diesem Gebiete brachten in der Folgezeit die Goten hervor, wenigstens werden die Aquädukte von Spoleto und Lissabon diesem Volke zugeschrieben. Diese Bauten dienten, wie zahlreiche derartige Römerwerke (genannt seien die Aquädukte bei Rom, Tarragona, Merida, Segovia, Lyon, Aspendus, Karthago, Mitylene, Antiochia, Metz und der Pont du Gard), der Überführung des den Städten zugeleiteten Wassers über tiefe Schluchten.

Während in der ersten Hälfte des Mittelalters die Schöpfungen der Brückenbaukunst in vielen Teilen Europas nicht nur sehr gering an Zahl waren, sondern auch deren Wert kein hoher war, entstanden in verschiedenen Teilen der übrigen Erde in diesem Zeitraume manche bedeutenden Werke dieser Art. So wurden in Kleinasien durch die byzantinischen Kaiser eine große Zahl Brücken erbaut; genannt seien die Brücke der heiligen Sophia und die Brücke über den Rhyndacus. In späterer Zeit schufen hier die Türken manchen imposanten Brückenbau, so die Brücke über den Halys bei Köprü-Köi (Abb. 394) und die Brücke bei Angora. Ersterer Bau hat zehn, letzterer sieben Bogenöffnungen. Als geschickte Brückenbauer dieser Zeit müssen besonders die Perser und Araber genannt werden.

Digitized by Google

Aber auch in dem Lande der Mitte, in China, ließ das weitverzweigte Fluß- und Kanalnetz zahlreiche Brücken entstehen. Eines der chinesischen Bauwerke dieser Gattung, der Viadukt von Chaohing, verdient wegen der schier unglaublichen Arbeitsaufwendung ein näheres Eingehen. Der genannte Viadukt (unter Viadukt versteht man ein Bauwerk, das aus einer größeren Anzahl Brückenöffnungen besteht) liegt an der Bai von Hangtschou, d. h. jener Stadt, die Marco Polo mit dem Namen Quinsai bezeichnete, in der Provinz Tschekiang. Keine der im Occident erbauten Straßen kann sich nach dem Geographen Reclus mit dem von den Chinesen vor mehr als tausend Jahren erbauten Werke messen. Der Viadukt von Chaohing hat eine Länge von nicht weniger als 144 km und setzt sich aus etwa 40 000 Bogenöffnungen zusammen, die einen Weg von $1^1/_2$ m Breite tragen. Zwischen den Städten Ningpo und Juyao ist der Berg Taying in einer Höhe von 500 m durch enorme Steinbrüche durchschnitten, die als Gewinnungsstellen für das Brückenbaumaterial gedient haben. Der Bau datiert wahrscheinlich aus einer Periode,

394. Brücke über den Halys.

in welcher die ganze Gegend nichts weiter als ein großer Sumpf war. Gegenwärtig hat der Viadukt, da das Land trocken gelegt ist, zwar seine Bedeutung verloren, aber seine solide Herstellung gestattet, daß er nach wie vor als Weg und als Leinpfad für den daneben liegenden Kanal benutzt werden kann.

Wie sich die Mönche im Mittelalter der Baukunst, besonders dem Baue von Kirchen widmeten, so ließen sich einzelne Mönchsorden auch die Herstellung von Brücken angelegen sein. In dieser Beziehung ist namentlich der Orden der Benediktiner zu nennen, aus dem der Gründer der sogenannten Brückenbrüder hervorging. Der Stifter dieser Bruderschaft, die im Jahre 1189 vom Papste Clemens III. bestätigt wurde, war der französische Benediktinermönch Bénezét.

Die Tradition schildert die erste Bethätigung des genannten Mönches, welcher später Bischof wurde, in der dem Mittelalter eigenen naiven Art und Weise folgendermaßen:

„Benedictus war von Beruf Schäfer und wurde eines Tages infolge einer Vision zu einem Brückenbaue über die Rhône bei Avignon begeistert. Im Alter von zwölf Jahren ging er nach der Stadt und verkündete dem Volke den Zweck seiner Ankunft. Dabei unterstützte er seine Worte durch so merkwürdige Thatsachen, daß man sofort die höhere Hand erkannte, die ihn leitete, und ihn so kräftig handeln ließ, daß er, seiner Jugend ungeachtet, sein Werk mit großem Erfolge beginnen und vollenden konnte. Um die Bewohner von

Avignon von der Wahrheit seiner Reden zu überzeugen, trug er einen Stein von 13 Fuß Länge und 7 Fuß Breite, den kaum 30 Menschen bewegen konnten, in Gegenwart des Volkes vom königlichen Palaste bis zu jener Stelle im Strome, an welcher er damit den ersten Brückenpfeiler gründete. Jeder trug fortan mit Freuden zu diesem Baue bei, so daß er in einer für jene Periode kurzen Spanne Zeit vollendet wurde."

Die Brückenbrüder waren ähnlich wie die Ritterorden organisiert und besaßen ihren Großmeister, ihre Ritter, Mönche und dienenden Brüder. Als Ordenskleid trugen sie ein weißes Gewand mit zwei roten Brückenbogen und einem Spitzhammer auf der Brust. Die Mitglieder leiteten die Arbeiten, legten selbst mit Hand an und bestritten die Kosten größtenteils aus eigenem Einkommen oder durch Almosen. Erst im Jahre 1789 ging der Orden ganz ein, nachdem er aber bereits lange vorher seiner eigentlichen Thätigkeit

395. Brücke zu Avignon.

entsagt hatte. Seine Hauptwirksamkeit übte der Orden in Südfrankreich aus. Als die drei Hauptwerke der Brückenbrüder gelten die Rhônebrücken zu Avignon (1178 [Abb. 395]), zu Lyon (1265) und die Brücke St. Esprit (1285).

Auch in England verdankten verschiedene Brücken ihre Entstehung dem genannten Mönchsorden, so die berühmte alte Brücke von London. Angeblich wurde bereits von den Römern eine Brücke bei London erbaut. Spätere Brücken, die hier entstanden, waren von Holz errichtet. Verschiedene Male wurden sie hinweggeschwemmt, einmal brannte eine Brücke auf, und so beschloß man im Jahre 1176 den Bau einer steinernen Brücke. Der Baumeister dieser Brücke, deren Bauzeit 33 Jahre betrug, war der Kaplan Peter von St. Mary. Den Bau betrachtete man als eine nationale That, und zwei Jahrhunderte lang wurde von den umliegenden Landschaften eine Abgabe zur Unterhaltung der Brücke erhoben. Der Erbauer starb vor der Vollendung seines Werkes und wurde in der Brückenkapelle beigesetzt. Über diese Brücke bewegte sich der Verkehr länger als 600 Jahre. Die Brückenbahn war auf beiden Seiten vollständig mit Häusern besetzt, zwischen denen sich ein schmaler, dunkler und gefährlicher Durchgang befand. An den beiden Thorhäusern an den Brückenenden wurden die Köpfe der Verbrecher und Verräter aufgehängt. Die Brückenpfeiler waren zum Teil so dicht nebeneinander gebaut, daß sich kaum ein Schiff

Digitized by Google

zwischen ihnen hindurch bewegen konnte, das Wasser stürzte mit großer Gewalt durch die engen Öffnungen, so daß das Durchfahren der Brücke mit Lebensgefahr verbunden war, und sich das Wortspiel ausbilden konnte: „Die Londoner Brücke sei gebaut, damit Weise darübergehen und Narren untergehen.“ — Wie bei vielen anderen Brücken, so waren auch unter der alten Londoner Pumpwerke eingebaut, mit welchen das für die Bewohner bestimmte Trinkwasser gehoben wurde.

Auch bei dem Baue einer Anzahl deutscher Brücken ist die Mitwirkung der Geistlichkeit nachweisbar, indem die Brückenbaukosten aus den gesammelten Milch- und Butterpfennigen bestritten wurden. Denjenigen nämlich, welche einen Beitrag von $^1/_{20}$ rheinischen Gulden jährlich leisteten, wurde während 20 Jahre der Genuß von Milch- und Butterspeisen an den sogenannten verbotenen Tagen gestattet. Die gezahlten Beiträge wurden in den Kirchen in dem Butterkasten gesammelt, und aus diesem Brauche erklärt sich die Redensart, daß die betreffenden Brücken aus der Butterbüchse erbaut seien.

396. Brücke von Martorell.

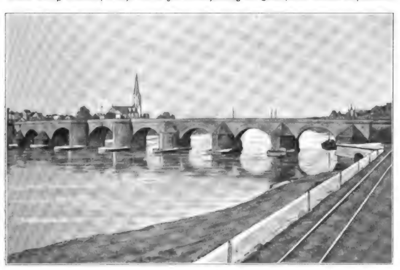
Der schwächste Punkt einer großen Anzahl der im Mittelalter erbauten Brücken war ihre Fundamentierung, d. h. ihr Unterbau. Durch die vielen und außerordentlich mächtigen Brückenpfeiler wurde bei den meisten Brücken der Durchfluß des Wassers sehr gehemmt und die Hochwasserstände bedeutend erhöht. Brückeneinstürze waren daher in dieser Zeit nichts Außergewöhnliches. So stürzten im Jahre 1342 die Brücken bei Prag und Würzburg, 1499 zwei Brücken in Paris, 1602 drei Bogen der von dem Gründer der Brückenbrüdergenossenschaft erbauten Brücke bei Avignon ein.

Gegen das Ende des Mittelalters und zwar zuerst im 12. Jahrhundert schuf die mitteleuropäische Brückenbaukunst wieder bedeutendere Werke. Das hervorragendste Werk ist die Addabrücke bei Trezzo in Italien, mit einer Spannweite von 72 m. Dieser Bau erfolgte in den Jahren 1370—77 auf Veranlassung des Mailänder Herzogs Barnabo Visconti. Ein anderes bemerkenswertes Brückenbauwerk, das vermutlich dem Mittelalter seine Entstehung verdankt, ist die sogenannte Teufelsbrücke über den Lobregat bei Martorell in Spanien (Abb. 396). Dieser Bau wurde unter Karl III. im Jahre 1766 restauriert und mit einer Inschrift versehen, wonach die ursprüngliche Brücke von Hannibal

Digitized by Google

herrühren soll, eine Anschauung, die durch nichts erwiesen ist. Erwähnung verdienen aus dieser Periode ferner die Brücke über den Allier in Frankreich, die Brioudebrücke mit einer Spannweite von 50 m und die 1354 erbaute Burgbrücke in Verona mit 44,4 m Spannweite.

Von den in Deutschland in dieser Periode erbauten Brücken sind als die ältesten und als die vier berühmtesten zu erwähnen die Brücken bei Regensburg, Dresden, Frankfurt und Prag. Die erstere Brücke wurde 1146, die Brücke bei Dresden 1260, die Frankfurter Brücke zwischen 1235 und 1276 und die Prager Brücke 1358 erbaut. Ob die Frankfurter Brücke schon unter Karl dem Großen zum erstenmal errichtet wurde, ist ungewiß. Bestimmte Nachrichten gehen nur bis auf das Jahr 1070 zurück. Nach dem Jahre 1235 wurde sie in Stein ausgeführt. Die Wichtigkeit dieses Brückenüberganges für den Weltverkehr geht daraus hervor, daß die Kaiser diesem Bauwerk ihre Unterstützung angedeihen ließen, und daß 15 italienische Bischöfe um das Jahr 1300 allen denen Ablaß erteilten, welche etwas zur Unterhaltung der Frankfurter Brücke beisteuerten.



397. **Alte Brücke zu Frankfurt a. M.**

Infolge ihrer ungenügenden Fundierung hat die Brücke vielfache Unfälle erlitten. Auch die in Abb. 8, S. 25 (Ansicht von Rothenburg ob der Tauber) dargestellte Brücke ist eines der ältesten erhaltenen deutschen Brückenbauwerke.

Die Zeit der Renaissance weist auch auf dem Gebiete des Brückenbaues bemerkenswerte Leistungen auf. In den Jahren 1587—91 entstand die Rialtobrücke zu Venedig, im Jahre 1569 wurde von **Bartolomeo Ammanati** die Arnobrücke in Florenz mit einem Mittelbogen von 28 und Seitenbogen von 26 m Spannweite, vollendet.

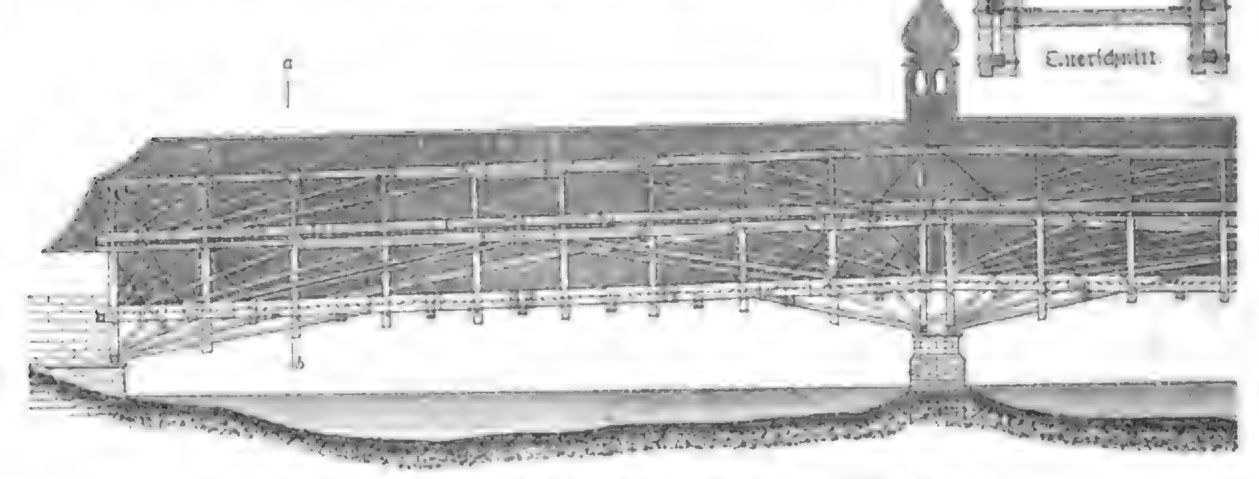
Die Sicherung der Brücken durch mächtige Türme und starke Befestigungsanlagen wurde namentlich seit der Anwendung des Pulvers zu Kriegszwecken und Sprengungen allgemein, da die Brücken naturgemäß besonders wichtige Objekte der Verteidigung waren. Zum Zweck der Verteidigung in Kriegszeiten, wie auch bei herannahenden Seuchen, insbesondere bei Pestgefahr wurden viele Brücken „abgeworfen“, d. h. der Brückenbelag entfernt. Lange Zeit hindurch war den Brücken die Unverletzlichkeit zugeeignet, d. h. auf ihnen durften keinerlei Thätlichkeiten begangen werden. Als Zeichen dieser sogenannten

Digitized by Google

„Inviolabilität“ war an passender Stelle der Brücke ein Beil eingehauen, mit welchem Werkzeug ein Friedensbrecher bestraft wurde. Die Brücken waren auch nicht selten der Schauplatz von Hinrichtungen, wie auch das sogenannte Säcken von den Brücken aus geschah. Hierbei wurde der Verbrecher oder die Verbrecherin in einen Sack gesteckt und in das Wasser geworfen.

Als außerordentlich ersprießlich für die Ausbildung der Brückenbaukunst erwies sich seit dem Beginne des 17. Jahrhunderts die Thätigkeit der Franzosen. Insbesondere war es der Meister Mansard (der Erfinder der nach ihm genannten Dachkonstruktion und Fenster), der bedeutende Brücken schuf. Im Jahre 1720 wurde das Korps der Ingenieure in Frankreich gegründet, und dieses Ereignis war für die gesamte Entwickelung der Ingenieurtechnik von außerordentlicher Bedeutung. Durch die Thätigkeit des Ingenieurs Perronet wurden die Leistungen der Franzosen in dem Bau steinerner Brücken für lange Zeit mustergültig. Als das Meisterwerk dieses Ingenieurs gilt die Seinebrücke von Neuilly, welche in den Jahren 1768—74 erbaut wurde und fünf Öffnungen von je 39 m Spannweite besitzt.

Eine nicht wieder erreichte Ausbildung erfuhr in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts auch der Bau der Holzbrücken. Die verschiedenen Formen der hölzernen Brücken sind die folgenden. Ist die zu überspannende Öffnung nicht sehr groß, so läßt sich in vielen Fällen mit einfachen Holzbalken auskommen, die in entsprechender Entfernung voneinander und parallel zu einander verlegt und mit einem Bohlenbelag



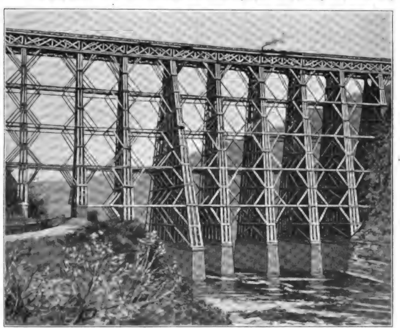
398 u. 399. Brücke über den Rhein bei Schaffhausen (1755). Nach Bavier.

überdeckt werden. Genügen einfache Balken nicht, so legt man wohl zwei oder gar drei aufeinander und verbindet dieselben unter sich durch eiserne Bolzen und sogenannte Dübbel, d. h. stellt verzahnte Balken her. Genügt auch dieses nicht, so verwendet man Fachwerkträger oder sucht die Spannweite durch Streben zu verkleinern. Die erreichte Entwickelung in dem Bau eiserner Brücken ist die Ursache, daß der Holzbrückenbau, wenigstens soweit hierbei größere Spannweiten in Betracht kommen, heute nur eine untergeordnete Rolle spielt. Besonderen Ruf haben sich die Werke des Zimmermeisters Johann Ulrich Grubenmann erworben. Im Jahre 1757 vollendete er die Rheinbrücke bei Schaffhausen (Abb. 398 u. 399), mit zwei Öffnungen von 50 und 57 m Weite. Dieses Werk fiel leider im Jahre 1799 den Franzosen zum Opfer, welche die Brücke verbrannten. Neben Grubenmann waren eine Reihe weiterer schweizerischer Meister, wie Ritter aus Luzern, sodann Kink in Tirol, Fuchs und Funk in Deutschland, und von Ingenieuren: Morand, Delorme, Gauthey in Frankreich und Wiebeking in Deutschland für die Ausbildung der hölzernen Brücken thätig. Die von Johann Grubenmann im Jahre 1778 erbaute Brücke bei Wettingen über die Limmat erreichte die ganz außerordentlich bedeutende Spannweite von 119 m.

Digitized by Google

Während die französischen Ingenieure bei der Erbauung der hölzernen Brücken die Hölzer der Brückenform entsprechend rund ausschnitten, ging der deutsche Ingenieur Wiebeking statt dessen dazu über, die Hölzer rund zu biegen, und erzielte hierdurch sehr gute Erfolge. Die bedeutendsten, nach dem Wiebekingschen System erbauten Brücken waren die Freisinger Brücke über die Isar = 51,5 m, die Schärdinger Brücke über den Rottfluß = 64,8 m, die Bamberger Brücke über die Regnitz = 69,7 m und die Neuburger Brücke über die Donau = 52,5 m.

Die Verhältnisse Amerikas, der große Holzreichtum und der den amerikanischen Bauausführungen anhaftende provisorische Charakter, trugen wesentlich dazu bei, daß der Bau der hölzernen Brücken in diesem Lande einen großen Aufschwung nahm und sich



400. Die Portage-Thalbrücke vor dem Brande im Jahre 1875. (Erie-Eisenbahn.)

länger als in Europa erhielt. Die bereits im vorigen Jahrhundert erbaute Delawarebogenbrücke besaß Spannweiten von 54 und 62 m. Besonders waren die Ingenieure Long, Howe und Town für den hölzernen Brückenbau thätig, und die von denselben ausgebildeten Systeme fanden auch in Deutschland Anwendung. Die bedeutendsten Brücken nach dem System Howe waren die Brücken bei Springfield (55 m), bei Wittenberge (56,5 m), bei Bandon (60 m) und über den Msta (61 m). Die letztere Brücke, welche hölzerne Turmpfeiler von 21 m Höhe besaß, brannte im Jahre 1869 teilweise ab.

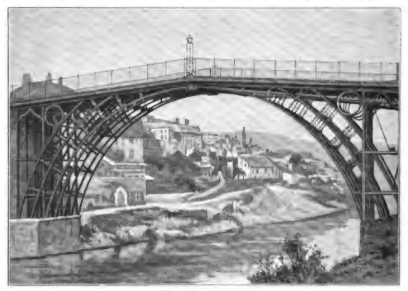
Von den sonstigen bedeutenden Holzbrücken seien noch erwähnt die Brücke über den Schuylkill bei Philadelphia (97,5 m), die Susquehannabrücke bei Columbia (61 m), die Brücke der New York-Eriebahn (76 m) und die Brücke über den Mississippi bei Dawenport (76 m). — Mit besonderer Vorliebe sind von den Amerikanern statt der Dammschüttungen Holzgerüste zur Verwendung gekommen, sogenannte „trestle works“. Die im Jahre 1875 durch Feuer zerstörte Portage-Thalbrücke hatte eine Länge von 260 m und war 71 m hoch (Abb. 400).

Digitized by Google

Eine der bedeutendsten Anlagen letzterer Art ist die Pecos-Thalbrücke in Texas in der Süd-Pacific-Eisenbahn. Die Länge dieser Gerüstbrücke beträgt 662 m, die Höhe der Fahrbahn über der Thalsohle besitzt das außerordentliche Maß von 96 m.

Wie die hölzernen Brücken in Europa mit der Entwickelung des Baues eiserner Brücken durch solche ersetzt wurden, so verschwinden auch in Amerika allmählich die hölzernen trestle works immer mehr und mehr, indem auch hier die Verdrängung des Holzes durch Eisen eine unaufhaltsame ist.

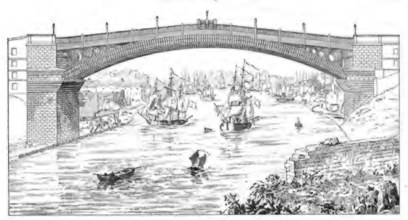
Die in der Einleitung dieses Buches geschilderten Umwälzungen auf industriellem und gewerblichem Gebiete gegen Ende des 18. Jahrhunderts, sowie die außerordentliche Entwickelung der Eisenindustrie in jenem Zeitabschnitte, hatten zur Folge, daß das Eisen und zwar zunächst in der Form des Gußeisens als Konstruktionsmaterial in den Vordergrund trat. Die Idee, Eisen zur Herstellung von Brücken zu verwenden, soll



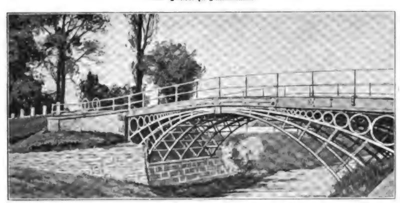
401. Eisenbrücke zu Coalbrookdale.

alt sein, und Mitteilungen hierüber sollen sich bereits in italienischen Werken des 16. Jahrhunderts befinden. Der erste praktische Versuch wurde jedoch, soviel bis jetzt bekannt ist, in Frankreich gemacht, woselbst in Lyon eine eiserne Brücke von drei Bogen von je 25 m Spannweite in der Entstehung begriffen war. Dieses Werk kam jedoch nicht zur Vollendung. England blieb es infolge dieses Umstandes vorbehalten, das Mutterland des eisernen Brückenbaues zu werden. In dem Jahre 1779 ging die erste eiserne Brücke aus den Werkstätten zu Coalbrookdale hervor (Abb. 401). Sie war das Werk der Hüttenmeister Darly und Wilkinson. Ihre Spannweite war 30,6 m. Die Brücke ward über dem Severn in der Nähe der genannten Eisenwerke aufgestellt. Die zweite eiserne Brücke wurde 1795 zu Buildwas, in der Nähe von Coalbrookdale, gebaut. Die dritte Brücke entstand zu Wearmouth bei Sunderland über den Fluß Wear. Abb. 402 zeigt dieses für die damalige Zeit sehr kühne Werk, das mit seinem Scheitel fast 29 m über dem Flusse lag, so daß die Handelsschiffe mit vollen Segeln unter der Brücke durchfahren konnten. Die Bogenöffnung hatte das große Maß von fast 72 m. Bei dieser Brücke sind, wie bei den ersten gußeisernen Brücken überhaupt, die Bogen, in ähnlicher Weise wie die Gewölbsteine einer steinernen Brücke, aus Rahmen von Gußeisen zusammengesetzt.

Digitized by Google



402. Brücke zu Sunderland.



403. Gußeiserne Brücke über das Striegauer Wasser bei Laasan.

Noch nicht zwei Jahrzehnte später hatte auch Deutschland seine erste eiserne Brücke, welche zugleich als die erste auf dem europäischen Festlande überhaupt zur Aufstellung gekommen ist. Im Jahre 1794 wurde die gußeiserne Brücke gegossen, die 1796 über dem Striegauer Wasser bei Laasan in Schlesien Aufstellung fand (Abb. 403). Hervorgegangen ist dieses denkwürdige, noch heute bestehende Brückenbauwerk aus dem königlichen Eisenhüttenwerk Malapane. Die weitest gespannte gußeiserne Brücke überhaupt ist die im Jahre 1814 von dem Ingenieur Rennie erbaute Southwarkbrücke über die Themse in London mit 73 m Spannweite.

Infolge einiger eingetretener Brückeneinstürze kam das Gußeisen als Konstruktionsmaterial für diesen Zweck in Verruf. Es kam hinzu, daß die Erzeugung von Schmiedeeisen durch den Puddelprozeß und die Bearbeitung desselben durch das von Henry Cort erfundene Walzverfahren in vollständig andere Bahnen geleitet wurde. In Anlehnung an die von den Naturvölkern schon seit langen Zeiten zur Anwendung gekommene Form der Hängebrücken, deren einfachste Form ein über den Fluß oder die Schlucht gespanntes Seil mit daran hängendem Beförderungskorb bildet (Abb. 388), wurden nunmehr bedeutende Spannweiten mit eisernen Hängebrücken überspannt. In den Jahren 1818 bis 1826

erbaute Telford die Brücke über die Menaistraße bei Bangor, mit einer Weite von 176 m. Die Schweiz hat seit 1835 den Ruhm, die weitestgespannte Drahtbrücke Europas zu besitzen. Es ist dies die „Saanebrücke“ bei Freiburg mit einer Weite von 265 m. Zwei weitere sehr bemerkenswerte und wegen ihrer Lage berühmte Brücken dieser Art sind die Donaubrücke bei Budapest (183 m; Abb. 404) und die Cliftonbrücke über den Avon bei Bristol mit einer Spannweite von 214 m.

Den Hängebrücken war ein ähnliches Schicksal wie den gußeisernen Brücken beschieden, auch sie verschwanden zum Teil wieder, vor allem aber wurde ihrer Erbauung bald durch das Aufkommen besserer Konstruktionen ein Ende gesetzt. Den Anstoß hierzu gab das Erfordernis der Erbauung großer Eisenbahnbrücken, die man nicht wagte als Hängebrücken herzustellen. Mehrere Hängebrücken, so die Dordognebrücke, die Brücken von Broughton und Angers, waren durch die beim schnellen Fahren auftretenden starken Er-

404. Kettenbrücke zu Budapest.

schütterungen, sowie infolge ungenügender Versteifungen gegen den Winddruck eingestürzt, und hierdurch war dieses System in Mißkredit gekommen. Robert Stephenson, der Sohn George Stephensons, war der Erbauer der einst mit Recht als ein überaus kühnes Bauwerk berühmten Brücke über die Menaistraße, der sogenannten Britanniabrücke. Bei dieser Brücke wurde die Tragkonstruktion in der Form eines hohlen Balkens hergestellt, wobei als Material Schmiedeeisen Verwendung fand. Gleichzeitig mit der großen Britanniabrücke wurde über den benachbarten Conwayfluß eine Brücke der gleichen Bauart in Angriff genommen und im Jahre 1848 vollendet. Die Spannweite der zwei großen Öffnungen der Britanniabrücke beträgt je 143, die der Conwaybrücke 121 m. Die Theorie der Balkenbrücken ist scheinbar höchst einfach. Ein Balken, der an seinen beiden Enden aufliegt, wird, wenn er belastet wird, hauptsächlich in seinen unteren und oberen Schichten in Anspruch genommen. Die unteren Schichten müssen einer Auseinanderreißung, die oberen einer Zusammenschiebung widerstehen, während der Kern des Balkens weniger beteiligt ist. Man kann daher diesen mittleren Teil herausbohren, ohne daß die Festigkeit wesentlich verringert wird, erreicht jedoch hierdurch den großen Vorteil, daß der Balken bedeutend leichter wird. Der aus Eisenplatten hergestellte Balken, wie er in der Britanniabrücke zur Verwendung kam, hatte den großen Nachteil, daß es in seinem Inneren dunkel

Digitized by Google

war. Der Wunsch nach Licht und nach einer weiteren Materialersparung führte dahin, daß man die massiven Wände durch Gitterwände ersetzte, wodurch die Gitterbrücken entstanden.

Deutschland besitzt zwei bedeutende derartige Brücken, die Weichselbrücke bei Dirschau und die Rheinbrücke bei Köln. Die Weichselbrücke wurde am 12. Oktober 1857 von dem ersten Eisenbahnzug passiert. Ihr Erbauer war der Baurat Lentze. Die Spannweite der fünf Öffnungen beträgt je 131 m.

Die Bauart der eisernen Brücken ward bald eine sehr mannigfaltige, die verschiedensten Systeme kamen zur Ausführung. Wie man früher die Hauptträger der Holzbrücken in sehr voneinander abweichender Weise, als Hänge- und Sprengwerke u. s. w. konstruiert hatte, so ging man nun dazu über die rationellsten Formen für die eisernen Brücken zu ermitteln. Die Mechanik, d. h. die Lehre von dem Gleichgewicht der Körper mittelst der Kräfte, hatte in der Zwischenzeit so erhebliche Fortschritte gemacht, daß man

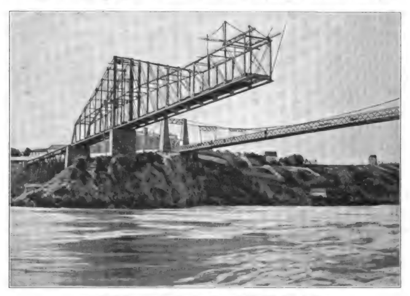
405. Die Eisenbahnbrücke bei Mainz.

vermochte die in den einzelnen Brückenteilen bei gegebener Belastung auftretenden Spannungen zu ermitteln. Neben den Balkenbrücken (Parallelträger) entstanden die Trägerformen von Pauli, Schwedler und Lohse. Die Eisenbahnbrücke bei Mainz (Abb. 405) ist nach dem System von Pauli erbaut, Abb. 429 gibt das System Lohse wieder.

Die Zahl der bedeutendsten Brückenbauwerke hat seit der Mitte unseres Jahrhunderts, in erster Linie durch die ausgedehnten Eisenbahnbauten veranlaßt, so außerordentlich zugenommen, daß es an dieser Stelle nicht möglich ist, auch nur die hervorragendsten Schöpfungen auf diesem Gebiete zu erwähnen und im Bilde vorzuführen. Während in Europa die Hängebrücken durch die Balkenbrücken fast vollständig verdrängt wurden, blieben sie in Amerika noch in Ehren und wurden auch dem Eisenbahnverkehr dienstbar gemacht. Zwei Deutsch-Amerikaner waren es, Röbling Vater und Sohn, die einige der bedeutendsten Brückenbauten der Welt in jenem Lande erbauten. In den Jahren 1851 bis 1855 entstand die Niagarabrücke, die erste Hängebrücke, über welche die Züge einer Haupteisenbahn rollten. Diese Brücke besaß bereits die ansehnliche Spannweite von 250 m. Dieses Bauwerk ist heute schon wieder verschwunden und durch eine eiserne Bogenbrücke ersetzt worden. Die ebenfalls von Röbling erbaute Brücke über den Ohio bei Cincinnati erreichte eine Spannweite von 322 m.

Digitized by Google

Röbling war es beschieden, ein weiteres Projekt für ein wichtiges Brückenbauwerk auszuarbeiten und zwar das der berühmten East-River-Brücke zwischen New York und Brooklyn, einst das größte und bewundertste Brückenbauwerk der Erde. Die Vollendung dieses Triumphes der modernen Ingenieurtechnik erlebte Johann August Röbling jedoch leider nicht. Er starb am 22. Juli 1869 an einer infolge einer Fußzerquetschung beim Bau eingetretenen Mundsperre; der Sohn des großen Ingenieurs vollendete das Werk. Bei dieser Brücke ward das Gittersystem mit dem Kettenbrückensystem vereinigt. An jeder Brückenseite wurden zwei statt wie bisher üblich eine Kette aufgehängt. An einer ist das Obergebälk, an der anderen das Untergebälk der Fahrbahn befestigt, und zwar sind die Aufhängungsteile nicht lotrecht, sondern schräg angeordnet, wodurch das seitliche Schwanken bedeutend ermäßigt ist.



406. Die Eisenbahnbrücke über den Johnsfluß bei St. John im Bau.

Die außerordentliche Vergrößerung der Spannweite, welche im Laufe der Entwickelung die Hängebrücken zeigen, haben die aus den Kastenträgern hervorgegangenen Balkenbrücken ebenfalls aufzuweisen. Diese Brücken haben namentlich in der Form der Auslegerbrücken eine ganz außerordentliche Verbreitung gefunden. Bei diesen neuesten Brücken kommt wiederum das bereits bei den ältesten steinernen Brücken zur Anwendung gekommene System der Auskragung zu Ehren. Der Unterschied in dem benutzten Material, daneben allerdings auch die weitgehende wissenschaftliche Ausbildung, die der Brückenbau gefunden hat, ermöglichten die große Differenz in den Spannweiten der modernen eisernen „Auslegerbrücken" (Cantileverbrücken) gegen ihre Vorgänger. Abb. 406 zeigt eine solche in dem Jahre 1884 vollendete Brücke über den Johnsfluß bei St. John, welche als die älteste moderne Cantileverbrücke zu bezeichnen ist. Die Mittelöffnung, deren Bau die Abbildung zeigt, hat eine Spannweite von 143 m. Die weitestgespannte, nach diesem Systeme erbaute Brücke, die Firth of Forth-Brücke bei Queensferry in Schottland in der Nähe von Edinburg, besitzt eine Weite von 521 m. Dieses in den Jahren 1883—1890 geschaffene Riesenwerk der modernen Ingenieurtechnik verdient eine nähere Beschreibung und gibt das anschaulichste Bild von der Art, wie derartige Brücken montiert, d. h. aufgestellt werden.

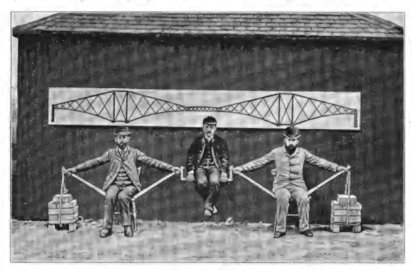
Digitized by Google

Google

Digitized by Google

Um das durch den Firth of Forth von altersher gebildete Verkehrshindernis zu beseitigen, wurde das mächtige neue Brückenbauwerk, das mit Recht unter die Weltwunder gezählt werden könnte, erbaut.

Der Einsturz der Taybrücke, die durch einen der überaus heftigen Stürme an der schottischen Küste zu Falle kam, bewirkte, daß ein bereits in der Ausführung begriffenes Brückenprojekt wieder aufgegeben und ein von den Ingenieuren John Fowler und Benjamin Baker ausgearbeiteter Entwurf dem Baue zu Grunde gelegt wurde. Abb. 407 gibt ein anschauliches Bild von dem bei diesem modernen Riesenbau angewandten Konstruktionsprinzip. Die beiden sitzenden Personen stellen die Pfeiler dar, von welchen nach beiden Seiten durch die Arme und je einen stärkeren Stock dreieckige Auskragungen gebildet werden. Die zwischen den beiden Pfeilern resp. Männern vorhandenen Auskragungspunkte können zur Ausführung einer Mittelkonstruktion benutzt werden, die in der Ab-



407. Lebendes Modell der Forthbrücke. Nach Engineering.

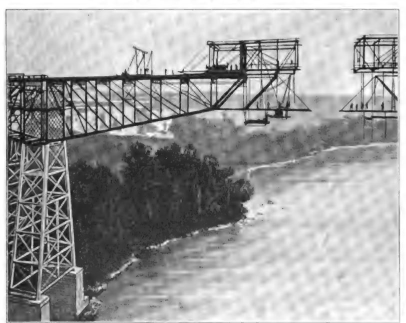
bildung durch einen U-förmigen Konstruktionsteil veranschaulicht ist, welcher der dritten Person als Sitz dient. Um jedoch das ganze System bei einer solchen Belastung im Gleichgewichte halten zu können, wird es erforderlich, die frei auskragenden Punkte an den beiden äußeren Seiten entsprechend zu belasten, was durch die senkrecht aufgehängten Mauersteine geschieht. Wie man leicht einsieht, tritt in den Armen der beiden außen sitzenden Männer Zug ein, während die nach unten gerichteten Eisenteile gedrückt werden (d. h. Druck erhalten). Während ein gezogener Teil nur so stark gemacht zu werden braucht, daß er mit Sicherheit der auftretenden Kraft zu widerstehen vermag, d. h. nicht zerrissen wird, muß ein Brückenteil, der Druck erhält, so stark sein, daß er hierdurch nicht zusammengedrückt wird, d. h. er muß genügende Steifigkeit besitzen. Das Doppelblatt läßt deutlich erkennen, welche Teile der Brücke Zug, welche Druck erhalten. Die letzteren Teile zeigen ausnahmslos einen röhrenförmigen Querschnitt. Die Spannweiten der beiden Mittelöffnungen der Forthbrücke betragen 521 m, die Länge der gesamten aus 27 Öffnungen bestehenden Brücke ist 2468 m. Die Fahrbahn ist so hoch angeordnet worden, daß die Seeschiffe mit ihren Masten ungehindert passieren können, die Höhe beträgt 51 m. Die Türme haben eine Höhe von 100 m über den Stützpunkten. Die Pfeiler mußten zum Teil im tiefen Wasser fundiert werden, was mit Hilfe sogenannter

Digitized by Google

408. Ein Pfeiler der Forthbrücke im Bau.

Digitized by Google

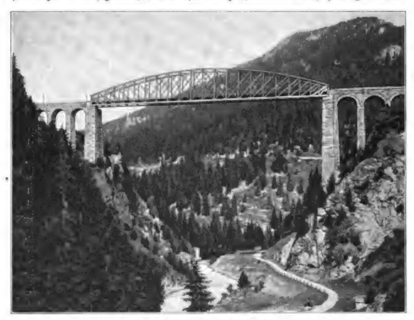
409. Südlicher Träger der Forthbrücke während des Baues.



410. Die Niagara-Auslegerbrücke während des Baues.

Digitized by Google

Caissons geschah. Man versteht hierunter eiserne cylinderförmige Behälter, deren Boden offen ist, während sich in der Decke eine Luftschleuse befindet. Der Caisson wird durch das Wasser auf die Sohle hinabgelassen und alsdann Luft in ihn gepreßt, wodurch das in ihm befindliche Wasser herausgedrückt wird und die Arbeiter in seinem Inneren die Erde oder den Fels an der Sohle beseitigen können. Damit die eingepreßte Luft nicht entweichen kann, ist die bereits erwähnte Luftschleuse eingebaut, durch welche sich die Arbeiter ein- und ausschleusen und auch das gewonnene Ausbruchmaterial geschafft wird. Die Eisenteile wurden unmittelbar in den ausgedehnten, an der Brückenbaustelle errichteten Werkstätten bearbeitet. Die Hauptschwierigkeit bot die Herrichtung der Stahlplatten zu den Rohrgliedern, aus welchen die Hauptbrückenteile bestehen. Zu diesem



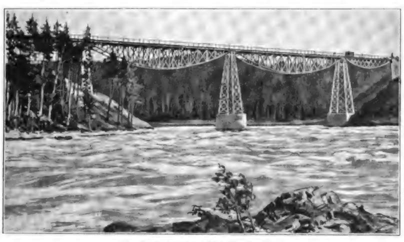
411. Trisanabrücke (Arlbergbahn).

Zwecke mußten zunächst die mächtigen Platten in Gasöfen bis Rotglut erhitzt werden, worauf sie mit Pressen, die einen Gesamtdruck bis zu 800 000 kg auszuüben vermochten, gekrümmt wurden. Der Aufbau der Brücke geschah in der Weise, daß zunächst die Pfeiler der Brücke, von welchen einer auf der kleinen Insel Inch-Garvie zu stehen kam, erbaut wurden, wie dieses Abb. 408 zeigt. Von diesem Pfeiler aus begann man alsdann nach beiden Seiten die unteren Teile der Hauptträger vorzubauen, die durch die von oben nach unten schräg laufenden Teile (Diagonalen) gehalten wurden. Der obere ausgebaute Trägerteil fand durch die schräg nach dem Fußpunkt der Pfeiler zulaufenden Stützen seinen Halt. Auf diese Weise ist der 210 m auskragende Teil erbaut worden, gewiß ein kühnes und geniales Verfahren. Unsere Tafel gibt ein anschauliches Bild dieses gewaltigen Baues während der Ausführung, ebenso läßt die Abb. 409 die kolossalen Abmessungen dieses Werkes klar in die Erscheinung treten. Der mittlere Brückenteil (106 m) wurde nach Fertigstellung der auskragenden Brückenenden eingebaut. Wie Abb. 408 zeigt, wurden um die einzelnen Konstruktionsglieder Rietkäfige angebracht, die dem fortschreitenden Arbeitsgange entsprechend höher resp. vorgeschoben wurden. In diesen Schutz- und

Digitized by Google

Arbeitskästen befanden sich die Arbeiter während der häufig in schwindelnder Höhe zu verrichtenden Arbeit.

Auf dem europäischen Festlande sind die bedeutendsten Auslegerbrücken die Donaubrücke bei Cernavoda in Rumänien, konstruiert von Saligny mit einer Hauptöffnung von 190 m und Seitenöffnungen von 140 m Weite und die Franz-Josephs-Brücke über die Donau bei Budapest mit einer Mittelöffnung von 175 m. Von den amerikanischen Auslegerbrücken sind zu nennen die Niagara-Brücke der Michigan-Zentralbahn mit einer Spannweite von 141 m (Abb. 410), die Brücke über den Hudson bei Poughkeepsie mit einer Spannweite von 159 m, die Ausleger-Eisenbahnbrücke über den Colorado-Fluß zwischen Arizona und Kalifornien mit einer Spannweite von 201 m. Der Hauptvorteil der Auslegerbrücken besteht in der Möglichkeit, die Brücken von den Pfeilern aus vorzubauen, ohne daß man hierbei der festen Gerüste bedarf, ein Vorteil, der in tiefem oder sehr bewegtem Wasser sowie bei großer Höhe der Brücke von ganz außerordentlicher Bedeutung ist. Einige andere bedeutende, jedoch nicht als Auslegerbrücken sondern als



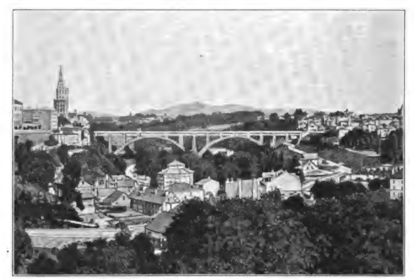
412. Brücke über den Vindelelfven (Schweden).

einfache Balkenbrücken konstruierte Brückenbauten der Neuzeit mögen hier ebenfalls angeführt werden, so die neue Weichselbrücke bei Dirschau, Spannweite der einzelnen Öffnungen 129 m, erbaut 1889—1892; die Weichselbrücke bei Fordon, Spannweite 100 m, erbaut 1891—1893; die Trisanabrücke der Arlbergbahn (Abb. 411), Spannweite 120 m, erbaut 1882—1884.

Die Abb. 412 zeigt eine eiserne Viaduktbrücke. Die Brücke über den Vindelelfven gehört der nördlichst gelegenen Eisenbahn der Welt an, sie liegt innerhalb des nördlichen Polarkreises. Die Eisenbahnlinie, zu welcher sie gehört, dient hauptsächlich dem Erztransport und verbindet Schweden mit Finnland. Die Schwierigkeit der Herstellung von Mauerbauten bei dem herrschenden Frost hat dazu geführt, in möglichst weitgehendem Maße Eisen zu verwenden.

Zu den schönsten Brückenbauten gehören unstreitig die eisernen Bogenbrücken. Es ist oben angegeben, aus welchem Grunde man den Bau gußeiserner Bogenbrücken aufgegeben hat. Seitdem man in dem Schmiedeeisen und in der neueren Zeit in dem Flußeisen ein zuverlässiges Material erhalten hat, wendet man dieser Brückenform wieder besondere Beachtung zu. In der Mitte der 50er Jahre des 19. Jahrhunderts wurden die ersten bedeutenden Brücken dieser Art hergestellt und zwar die Arcolebrücke in Paris und die Aarebrücke bei Olten. In Deutschland entstand 1861—1864 mit der

Digitized by Google



413. Kirschfeldbrücke bei Bern.

414. Die Rheinbrücke bei Bonn.

von Hartwich erbauten Rheinbrücke bei Koblenz eine der schönsten deutschen Brücken. Nachstehend werden in der Reihenfolge ihrer Entstehung die bedeutendsten Brücken dieser Art aufgeführt: Die Mississippibrücke bei St. Louis, die Washingtonbrücke über den Harlemfluß in New York, die Schwarzwasserbrücke in der Straße von Bern nach Schwarzenberg, Spannweite 114 m, die Garabitthalbrücke bei St. Flour, Spannweite 165 m, die Brücke Luiz I über den Douro bei Porto, Spannweite 172 m, die Addathalbrücke bei Paderno, Spannweite 150 m, die Hochbrücke bei Grünenthal über den Kaiser Wilhelm-Kanal, Spannweite 156,5 m, die Hochbrücke bei Levensau über denselben Kanal, Spannweite 163,5 m, die Brücke bei Müngsten auf der Bahnlinie von Solingen nach Remscheid, Spannweite 170 m (Höhe über der Thalsohle 107 m), die Kirschfeldbrücke bei Bern. (Abb. 413.)

Deutschland besaß durch die Müngstener Brücke nur für kurze Zeit den Ruhm, die weitestgespannte Bogenbrücke sein eigen nennen zu können. Die neuen Brücken zu Bonn

Digitized by Google

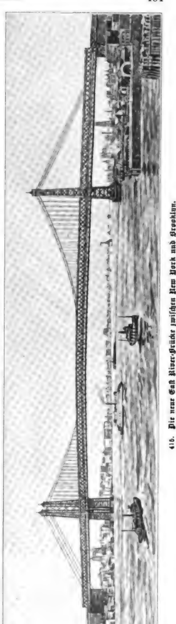
Digitized by Google

(Abb. 414) und Düsseldorf besitzen zwar eine noch größere Weite wie die Müngstener Brücke und zwar 180 resp. 187 m, aber sie werden bei weitem übertroffen werden durch die Thalbrücke über den Viaurfluß auf der Eisenbahnlinie Carmaux-Rodez mit 230 m. Die neue Niagara-Bogenbrücke erhält sogar eine Weite von 260 m.

Ein Irrtum wäre es, zu glauben, daß die erreichten glänzenden Leistungen das Schlußglied in der Entwickelung bildeten. Immer kühnere Projekte tauchen auf und werden auch thatsächlich ihrer Verwirklichung entgegengeführt. Das jüngste Wunder im Brückenbau ist die neue East River Bridge (Abb. 415) zwischen New York und Brooklyn. Der Erbauer dieses Riesenbaues ist der Ingenieur Buck. Die Länge der Brücke beträgt 2160 m, die Spannweite der Hauptbrückenöffnung 1000 m. Diese Zahl läßt am besten erkennen, welchen gewaltigen Werdeprozeß die Brückenbaukunst durchgemacht hat, von jener Überspannung von nur wenigen Metern Lichtweite bis zu dem gewaltigen Maße von 1000 m. Durch die zunehmende Weite der Brücken sind jedoch nicht nur die praktischen Schwierigkeiten der Herstellung gewachsen, sondern die aufzuwendende Arbeit bei ihrem Entwerfen hat sich auch zu einer immer mühevolleren und zeitraubenderen gestaltet.

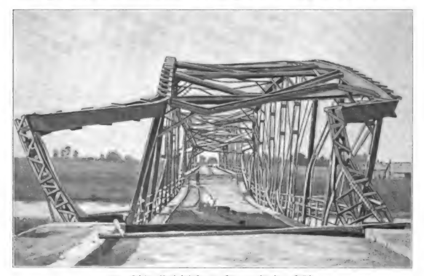
Man hat bei der Konstruktion einer Brücke darauf zu achten, daß sie stark genug ist, um der Inanspruchnahme durch das Eigengewicht, durch die sogenannte Verkehrslast, durch Wind und Wetter, durch die Schwingungen und Stöße und endlich durch die Temperaturveränderungen zu widerstehen. Die Stärke der einzelnen Teile der Brücke wird man je nachdem, welches System zur Anwendung kommt und welches Material, Holz, Stein oder Eisen, verwandt wird, verschieden stark zu wählen haben. Auf die Art und Weise, wie im einzelnen Falle die Abmessungen der einzelnen Brückenglieder rechnerisch zu bestimmen sind, kann hier nicht näher eingegangen werden, da diese Bestimmung weitgehende Kenntnisse der Mechanik voraussetzt. Abb. 416 zeigt eine Brücke, welche bei der Probebelastung sich als zu schwach erwiesen hat und zusammengestürzt ist.

In den Brückenbauanstalten werden die für eine eiserne Brücke erforderlichen Teile, wie Winkeleisen, Flacheisen u. s. w., nach den genau angefertigten Zeichnungen zusammengefügt, und zwar in einer solchen Größe, daß die einzelnen Stücke noch mit der Eisenbahn, mittels eines Schiffes oder mittels Fuhrwerk, je nach der Gelegenheit der Brückenbaustelle, an diese geschafft werden können. Bei der Anfertigung dieser einzelnen Stücke ist sorgfältig



415. Die neue East River-Brücke zwischen New York und Brooklyn.

darauf zu achten, daß dieselben genau aneinander passen und zusammen der ganzen Brückenform, die sehr mannigfaltig sein kann, entsprechen. Die Brückenform wird in natürlicher Größe direkt auf eine aus Eisenplatten gebildete große Zeichenebene, den sogenannten Schnürboden, aufgezeichnet (s. Tafel). Die Eisenplatten werden, um die aufgezeichneten Linien deutlicher hervortreten zu lassen, mit Kalkmilch bestrichen. Bei dem Vorzeichnen bedient man sich einer größeren Anzahl Meßgeräte, wie Winkelmaße, Richtscheite, Zirkel, Taster u. dergl. Mittels des Körners werden die einzelnen Punkte auf den Eisenplatten markiert, mit der Reißnadel, die aus einem scharfgespitzten Stahlstück besteht, werden die Linien gezogen. Auf die zahlreichen Werkzeuge und Maschinen, welche bei der Bearbeitung der einzelnen Eisenstücke Verwendung finden, kann hier nicht eingegangen werden. Eine Hauptarbeit bei der Herstellung jeder schmiedeeisernen Konstruktion pflegt das Nieten zu sein. Durch Niete,

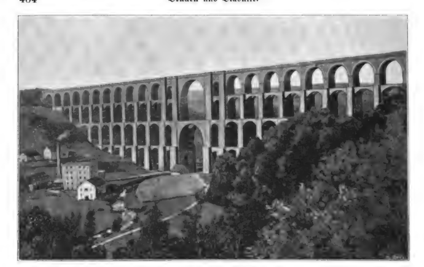

416. Bei der Probebelastung zusammengebrochene Brücke.

in selteneren Fällen Schrauben, werden die einzelnen Eisenstücke miteinander verbunden. Neben der Handnieterei wird in neuerer Zeit in immer ausgedehnterem Maße von der Maschinennieterei Anwendung gemacht. Als Kraft wird hierbei mit Vorliebe Wasserdruck benutzt.

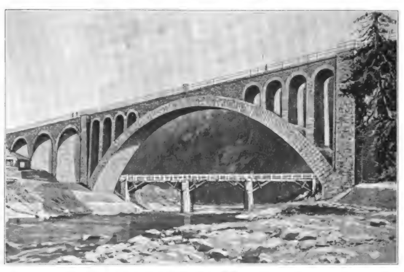
Die einzelnen Teile einer Brücke werden mit genauen Bezeichnungen versehen, so daß man an der Baustelle die zusammengehörenden Teile leicht erkennen kann. Die Aufstellung an Ort und Stelle, die Montierung, wie der technische Ausdruck lautet, erfolgt im allgemeinen auf dem Montagegerüst. Je nach der Konstruktionsgröße und der Belegenheit der Brücke ist die Montierungsweise eine sehr verschiedene. Diese Arbeit erfordert nicht selten einen großen Aufwand von Scharfsinn und die Bewältigung mancher Schwierigkeit. Infolge der überaus zahlreichen, zur Aufstellung gekommenen Brücken, von zum Teil sehr bedeutenden Abmessungen, hat die Montierung eine hohe Ausbildung erlangt. Abb. 417 zeigt die zur Anwendung gekommenen Gerüste oder die Art der Montierung der von der Guten Hoffnungshütte (Prof. Krohn) erbauten Bogenbrücke über den Kaiser Wilhelm-Kanal bei Levensau. Die Glanzleistung auf diesem Gebiete bildet bis jetzt noch immer die Herstellung der Firth of Forth-Brücke, über welche im Vorangegangenen bereits nähere Mitteilungen gegeben sind.

Digitized by Google

417. Montagegerüst der Hochbrücke bei Levensau.



418. **Die Göltzschthalbrücke.**
Erbaut 1846—51 von Oberingenieur Wilke und Ingenieur Dost.

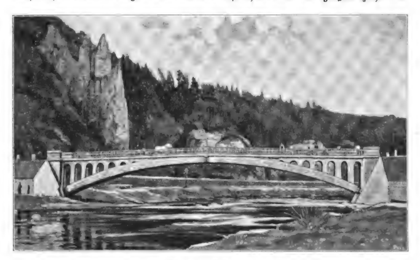


419. **Die Pruthbrücke bei Jaremcze.**

Das Eisen hat zwar das Steinmaterial bedeutend in den Hintergrund gedrängt, jedoch nicht vermocht, es vollständig aus dem Brückenbau verschwinden zu lassen. Die Erkenntnis der außerordentlichen Dauerhaftigkeit der steinernen Brücken bricht sich, nachdem diese fast zu verschwinden drohten, wieder kräftig Bahn. Dem Zuge der Zeit folgend, ist man auch hierbei bemüht, die Spannweite ständig zu vergrößern. Ehe auf die Leistungen

Digitized by Google

der neuesten Zeit auf diesem Gebiete eingegangen wird, möge einiger hervorragender steinerner Brückenbauten der früheren Jahrzehnte gedacht werden. Zu den bedeutendsten deutschen Schöpfungen dieser Art gehört noch immer der in den Jahren 1846—1851 mit einem Kostenaufwande von 6 600 000 Mark von dem Oberingenieur Wilke und dem Ingenieur Dost erbaute Göltzschthalviadukt (Abb. 418). Die Oberkante der auf diesem Brückenbauwerke überführten Eisenbahn liegt 78,25 m über dem Bache. Die Gesamtlänge beträgt 579,30 m. Zu diesem Riesenbaue wurden 265 609 cbm Elbsandstein und Quader, 86 652 cbm Bruchstein und 20 Millionen Ziegel verwandt. 1500 Arbeiter waren thätig, um das Werk innerhalb fünf Jahren zu vollenden. Dieses großartige Bauwerk liegt zwischen Reichenbach und Plauen auf der sächsisch-bayerischen Staatseisenbahn. Auf derselben Strecke liegt der Viadukt des Elsterthales mit einer größten Höhe von



420. Die Donaubrücke bei Inzigkofen.

fast 70 m und einer Länge von 261 m. Während der erstere Viadukt vier Bogenreihen übereinander besitzt, weist der letztere zwei Etagen mit Bogenöffnungen bis zu $30^1/_2$ m auf.

Neuerdings hat man verschiedentlich Brücken größerer Spannweite in ähnlicher Weise wie eiserne Bogenbrücken hergestellt, d. h. man ordnet im Scheitel, also im höchsten Punkte des Gewölbes und an den beiden Kämpfern gelenkartige Einlagen oder aber auch vollständige Gelenke an. Der Zweck dieser Konstruktionsteile ist, das Entstehen von Rissen in dem Brückengewölbe bei dem Ausrüsten, d. h. dem Senken des Lehrgerüstes, zu verhüten. Als hervorragendste moderne Brückenbauwerke dieser Art sind zu nennen: Die Lavaurbrücke mit einer Spannweite von 61,5 m, die steinerne Eisenbahnbrücke über den Pruth bei Jaremecze in Galizien mit einer Spannweite von 65 m (Abb. 419.)

Neben Stein findet Stampfbeton zu Brückenbauten in neuerer Zeit ebenfalls eine ausgedehnte Verwendung, und die mit diesem Materiale erreichten Spannweiten müssen als sehr respektable bezeichnet werden. Die von dem verstorbenen Präsidenten von Leibrand in Württemberg hergestellten Brücken über die Donau bei Inzigkofen (Abb. 420) und bei Munderkingen besitzen Spannweiten von 44 resp. 50 m.

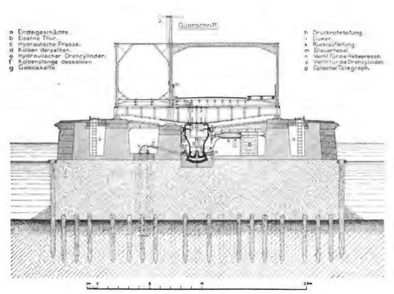
Digitized by Google

Zusammenstellung einiger größerer steinerner Brückenbauwerke.

Name des Brückenbauwerks oder des Viadukts	Größte Höhe m	Größte Länge m	Name des Ingenieurs	Zeit der Erbauung
Indre-Viadukt	22,15	751	Fontenay	1847—1848
Viadukt von Barentin	32,85	482,40	Locke	1844—1846
„ „ Mirville	33	524,45	„	1844—1845
„ „ Palu-d'Aveyres . . .	10	1250	„	1850
„ „ Arles	8,50	770		1847
„ „ Nimes	8	550		
„ „ Greenwich	7,70	5633		
„ der South-Western Eisenbahn	8	3000		
„ des Dee	45	460		
„ von Stockport	32,33	546		
„ „ Ratho	24,50	666		
„ „ Walwyn	30,63	746,25	Cubitt	1850
„ „ Linlithgow	28,70	403,27		
„ über die Tyne bei Newcastle	46	275		
„ von Chirk.	30,50	258	Robertson	
„ „ Folkestone	32	231		
„ „ Dean.	33,70	144,85	Telford	1831
Göltzschthal-Viadukt	80,37	580	Wilke u. Dost	1846—1851
Elsterthal-Viadukt	69,75	260,57		
Viadukt bei Görlitz.	35,15	469,76		
Zschopauviadukt in Sachsen	38	291		
Viadukt von Deidemühle in Sachsen	51	209,30		
„ des Geulthals	36,70	206,48		1841—1843
„ von Heilgenborn	40	212		
„ „ Steina	36	225		
Iller-Viadukt.	36	157		
Lagunenviadukt von Venedig . . .	5,60	3600	Miladi	1841—1846
Viadukt von Fochen (in China) . .	49	7935		
„ „ Loyang (in China) . .	—	8800		

Bewegliche Brücken. Das immer dichter werdende Verkehrsnetz läßt es erklärlich erscheinen, daß die Kreuzungspunkte von Land- und Wasserstraßen oder der letzteren mit Eisenbahnen immer zahlreicher werden. Können die sich kreuzenden Verkehrslinien nicht in solcher Höhe übereinander hingeführt werden, daß die auf denselben verkehrenden Transportmittel unbehindert hindurchgeführt werden können, so wird es erforderlich, die Brücken beweglich herzustellen, derart, daß sie beim Passieren der unter sie hinfahrenden Fahrzeuge entfernt werden können. In erster Linie kommen hierbei Brücken in Frage, welche Straßen oder Eisenbahnen über Wasserläufe hinwegführen. Während in früheren Zeiten für derartige Zwecke ausschließlich die Zug- oder Klappbrücken Verwendung fanden, ist die Zahl dieser Konstruktionen mit der fortschreitenden Entwickelung der Ingenieurtechnik eine sehr große geworden. Heute macht man zu diesem Zwecke Gebrauch von: Drehbrücken, Rollbrücken, Hubbrücken und Klappbrücken. Bei der ersten Art ruht ein Teil der Brücke, eventuell auch die ganze Brücke auf einem inmitten des Wasserlaufes stehenden Pfeiler (Abb. 421) und ist auf diesem so angeordnet, daß sie sich um ihren Mittelpunkt drehen kann (Abb. 422), wodurch es möglich wird, die Brückenfahrbahn parallel zu den Ufern zu drehen, so daß die Schiffe durch den frei gewordenen Teil hindurchfahren können. Die Drehbewegung erfolgt in den meisten Fällen mechanisch. Die Kraft wirkt entweder auf ein Rad, das sich auf einem Zahnkranz bewegt, oder wie in der Abb. 421 auf einen Drehzapfen. Bei den Rollbrücken wird der gleiche Zweck dadurch erreicht, daß die Brücke derart seitwärts verschoben wird, daß eine Öffnung entsteht. Bei den Hubbrücken wird die Brückenbahn so hoch gehoben, daß die Schiffe darunter hinwegfahren können. Die bedeutendste Brücke dieser Art ist die Towerbrücke in London. Abb. 423 zeigt gleichfalls eine Hubbrücke und zwar die über den Murrayfluß errichtete. Mit Hilfe von Gegengewichten wird die Brücke in einfacher Weise gehoben, um die Schiffe mit ihren Masten passieren zu lassen. Bei dem Senken der Brückenbahn braucht nur die Reibung überwunden zu werden, so daß hierbei ein geringer Kraftaufwand erforderlich

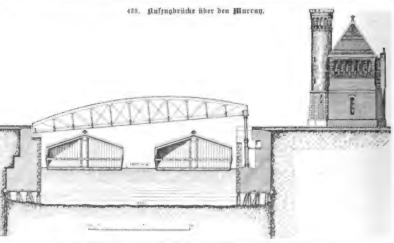
421. Baakenbrücke auf dem großen Grasbrook in Hamburg.



422. Baakenbrücke auf dem großen Grasbrook in Hamburg. Querschnitt. Nach „Hamburg und seine Bauten“.

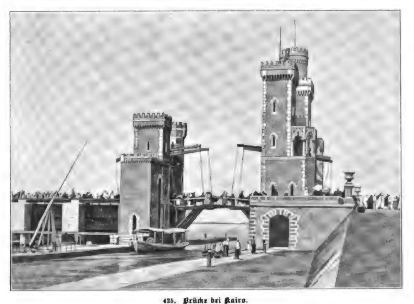
Digitized by Google

423. Aufzugbrücke über den Murray.

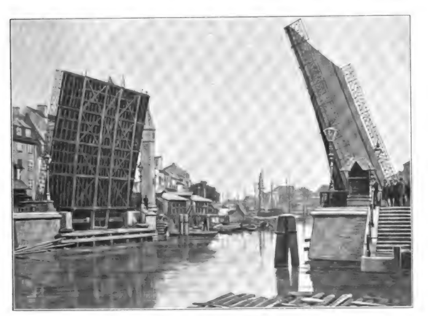


424. Hubbrücke zwischen dem Segelschiff- und Oberländer Hafen in Hamburg.
Nach „Hamburg und seine Bauten".

Digitized by Google

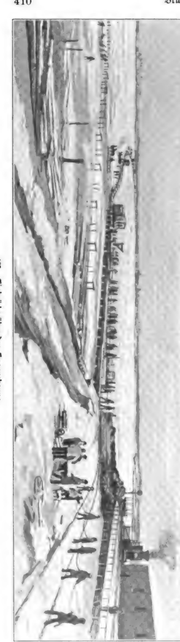


425. Brücke bei Kairo.



426. Die Schmiedebrücke in Königsberg.

Digitized by Google


427. Eisbrücke über den Susquehanna.

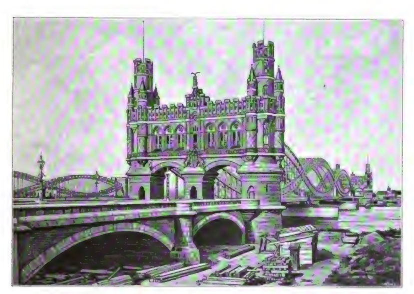
ist. Abb. 424 zeigt eine Hamburger Hubbrücke, die nur an einem Ende gehoben wird, wobei sie sich um das andere Auflager etwas dreht. Die Bewegung erfolgt hydraulisch. Die *Klappbrücken* haben gegen früher sehr viele Verbesserungen erfahren, und hierauf ist es zurückzuführen, daß ihre Verwendung in neuerer Zeit außerordentlich zugenommen hat. Eine Klappbrücke der alten Art gibt Abb. 425 wieder. Dieses Bild zeigt das östliche Ende der berühmten Wasseranlage bei Damiette und den Eingang des Schiffahrtskanales bei diesem Orte. — Die neuerdings erbauten Klappbrücken werden mechanisch bewegt. Zu den interessantesten Brücken dieser Gattung gehören diejenigen, die sich bei ihrem Öffnen und Schließen gleichsam auf ihrem Auflager abrollen. Eine solche Brücke zeigt Abb. 426.

Zu den beweglichen Brücken gehören ferner die *Pontonbrücken* und dürften auch die in neuerer Zeit aufgekommenen *Schwebefähren* zu rechnen sein. Die *Pontonbrücken* bestehen aus einer Anzahl Schiffen, die in bestimmten Abständen im Flußlauf verankert und durch eine über sie gelegte Brückenfahrbahn miteinander verbunden werden. Um den Schiffsverkehr zu ermöglichen, wird ein Teil der Schwimmbrücke so angeordnet, daß er leicht aus- und eingefahren werden kann. Bei starkem Eisgang müssen diese Brücken abgefahren werden. In Deutschland, mit seinem immer mehr zunehmenden Verkehrsleben werden diese, einen provisorischen Charakter aufweisenden Brücken immer mehr durch definitive Anlagen ersetzt. Im militärischen Brückenbau spielen die Pontonbrücken eine große Rolle.

Die erste zur Erbauung gekommene Schwebefähre (in Bilbao) stellt Abb. 428 dar. Die Brückenbahn befindet sich in solcher Höhe, daß die Seeschiffe mit ihren Masten ungehindert darunter durchfahren können. Die Brückenbahn ist ausschließlich für Fußgänger bestimmt, die auf Treppen auf- und absteigen oder mittels Elevatoren befördert werden. Diese Brücke wird jedoch im allgemeinen nur dann benutzt, wenn die Brückenfähre außer Thätigkeit ist. Die *Brückenfähre* besteht aus einem Fahrzeug, welches zur Aufnahme von Fußgängern und Fuhrwerken bestimmt ist. Dieses Fahrzeug ist mittels einer festen Konstruktion an der hochliegenden Brückenbahn derart aufgehängt, daß es hier mittels Räder auf Schienen läuft und daher leicht von einem zum anderen Ufer gezogen werden kann. Die Schwebefähren erfreuen sich einer zunehmenden Beliebtheit.

Eine ganz eigentümliche Brücke stellt Abb. 427 dar, nämlich eine *Eisbrücke*. In

428. Schwebefähre in Bilbao.

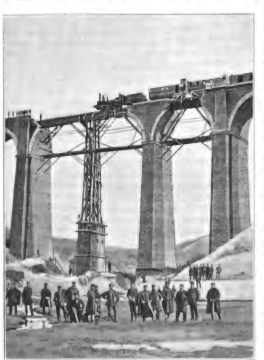


429. Die neue Elbbrücke bei Hamburg.

Digitized by Google

sehr strengen Wintern pflegen in einzelnen Teilen Amerikas die Fähren (Trajekte), welche dem Transport eines Eisenbahnzuges von einem Ufer zum anderen an einer Wasserfläche dienen, die nicht überbrückt ist, und infolge der sich bildenden Eisdecke ihren Betrieb einstellen müssen, durch Eisbrücken ersetzt zu werden. In diesem Falle werden die Schienen direkt auf dem Eise verlegt und die Eisenbahnwagen so von einem zum anderen Ufer gebracht.

Eine sehr erfreuliche Erscheinung des modernen Brückenbaues ist der große Wert, der, namentlich auch in Deutschland, auf die äußere Gestaltung der großen Werke dieser Art gelegt wird. Immer mehr ist man bestrebt, die Brücke nicht nur in konstruktiver, sondern auch in architektonischer Beziehung vollkommen zu gestalten. Dieses Bestreben ist ein um so berechtigteres, als die Brückenbauten im Bilde einer Stadt eine sehr wesentliche und einflußreiche Rolle spielen. Dort wo Brückenportale zur Ausführung kommen, ist auf eine schöne Gestaltung besonderer Wert zu legen. Unter den in neuerer Zeit geschaffenen Brückenbauten nimmt das Portal der neuen Elbbrücke bei Hamburg mit Recht einen hervorragenden Platz ein. Dieses von dem Oberingenieur Franz Andreas Meyer und dem Architekten Hauers geschaffene Werk ist in Abb. 429 dargestellt. Der Bau zeigt die Formen eines mittelalterlichen in Backsteinen ausgeführten Stadtthores.



430. Wiederherstellung des gesprengten Viadukts von Xertigny 1870.

Einen besonderen Zweig des Brückenbauwesens bildet der militärische Brückenbau, von dessen Leistungen die in den Jahren 1870/71 von der deutschen Feldeisenbahnabteilung entwickelte Thätigkeit ein anschauliches Bild entrollt. In diesem Falle kommt es in ganz besonderem Maße darauf an, die gestellten Aufgaben ohne Zeitverlust und mit Aufwendung und Benutzung von Mitteln zu lösen, deren sich der regelrechte Brückenbau naturgemäß nicht bedienen darf und auch nicht zu bedienen braucht. Die Aufgaben, die hier zu lösen sind, haben naturgemäß durch die Eisenbahnen eine beträchtliche Erweiterung erfahren, da die Eisenbahnen für die moderne Kriegführung eine ganz ungeheure Bedeutung erlangt haben. Sie dienen für den Nachschub von Verstärkungen; auf ihnen werden die für die Verpflegung des Heeres nötigen Transporte, wie nicht minder die Zuführung von Munition, Waffen und Bekleidung ausgeführt. Auch für die Beförderung der Verwundeten, Kranken und Gefangenen sind sie unentbehrlich. Während daher der zurückweichende Teil bestrebt ist, den Gegner dieses wichtigen Hilfsmittels zu berauben, muß der vorrückende Teil mit allen Kräften bemüht sein, mit größter Beschleunigung die zerstörten Brücken, Tunnels und Eisenbahngleise wieder in betriebsfähigen Zustand zu versetzen. Die Abb. 430 läßt erkennen, in welcher Weise eine der nicht leichten Aufgaben im Kriege 1870/71 ihre Lösung gefunden hat.

Digitized by Google

Wasserstraßen.

Flußläufe und Flußschiffahrt.

Wie bereits in der Einleitung hervorgehoben worden ist, wurde die in den Flußläufen dem Menschen gebotene günstige Transportgelegenheit frühzeitig erkannt und ausgenutzt.

Lange hat sich der große Verkehr in einer Reihe von Ländern, so z. B. auch in Deutschland, vorzugsweise auf den Strömen abgewickelt.

Die im Beginne der Flußschiffahrt an die Wasserstraßen gestellten Anforderungen waren erklärlicherweise sehr bescheiden, und dieser Vorgang wiederholt sich auch jetzt noch überall in jenen Ländern, welche dem Handel erst erschlossen werden. Die Masse der zu verfrachtenden Güter war zunächst keine große und ließ sonach selbst einen nur mit einem Boote befahrbaren Wasserlauf noch vorteilhafter erscheinen als einen nur schwer passierbaren Saumpfad.

Die ältesten Nachrichten, welche wir bis jetzt über den Flußverkehr besitzen, beziehen sich auf die Flüsse Babyloniens und auf den Nil. Die Steinarmut Babyloniens scheint bereits im 4. Jahrtausend v. Chr. den Anstoß zu einer Schiffahrt auf dem Euphrat und Tigris, sowie auf dem Persischen Meerbusen gegeben zu haben. Eine umfassende Benutzung der Wasserstraßen dieses Landes trat jedenfalls ein, als der König Chammuragas (gegen 2000 v. Chr.) Babylon zur Reichshauptstadt machte. Wie aus der Izdubarlegende hervorgeht, war man in jenem Zeitraume mit dem Bau kleiner Wasserfahrzeuge und ihrer Lenkung wohl vertraut. Seit Ende des 2. Jahrtausends bediente man sich der von Herodot genau beschriebenen korbförmigen, mit Häuten überzogenen Fahrzeuge. — Frühzeitig benutzten die Ägypter zur Fortbewegung ihrer Schiffe sowohl das Ruder als das Segel und bewirkten durch zwei oder mehrere schaufelförmige Ruder eine Steuerung. Seit der Mitte des 3. Jahrtausends v. Chr. wurde der Nil mit Last- und später auch mit Kriegsschiffen befahren. Herodot berichtet von einer sehr ausgebildeten Schiffahrt der Ägypter, die Zahl der Barken und Lastschiffe, die den Nil bedeckten, war eine ganz ungewöhnlich große. Auf dem Wasserwege transportierten die Ägypter viele der kolossalen Steine, die bei ihren Bauwerken und Anlagen Verwendung fanden, und selbst ein ganzer Tempel wurde auf diese Weise an seinen Bestimmungsort geschafft. Mit der Nilüberschwemmung, diesem für das gesamte Land so überaus wichtigen Ereignisse, begannen die festlichen Wallfahrten; von Stadt zu Stadt fuhren unter Gesang und Musik durch das ganze Land Schiffszüge. In den unzähligen Nilbarken mit bemalten Wänden, bunten Segeln und leichten Pavillons befanden sich Hunderttausende Ägypter, Männer und Frauen, und der Anblick, den der belebte Strom zu jenen Zeiten geboten hat, muß ein sehr malerischer gewesen sein.

Die Chinesen wußten die Flußläufe ihres Landes in umfangreicher Weise dem Verkehre dienstbar zu machen. Auf den natürlichen Wasserstraßen, die in China wie in einer Reihe anderer antiker Kulturländer durch ein weit ausgedehntes Netz von Kanälen miteinander in Verbindung gebracht wurden, vollzogen sich zu einem großen Teile die Visitationsreisen der Kaiser und ihrer Vasallenfürsten. Für die Schiffahrt kamen in

erster Linie die beiden bedeutendsten Flüsse Chinas, der Hwang-ho und Jantse-kiang, in Betracht. Der Hwang-ho erhält in der Gegend der in der chinesischen Geschichte eine große Rolle spielenden Festung Tung-kwan seine Hauptzuflüsse, den Fönn-ho, der ihm die Gewässer der Provinz Shansi zuführt, den Wei-ho und den Lo-ho, durch welche er die Niederschläge der Provinzen Kansu und Shensi empfängt. In den von den Flüssen durchströmten Thälern liegen die berühmten antiken Städte Phinyang-fu und Singan-fu. Unterhalb der Einmündung des Lo-ho beginnt jener Teil des Hwang-ho, der ihm durch seine Unbändigkeit den Namen „Chinas Kummer“ eingetragen hat. Es ist immer nur für eine bestimmte Zeit möglich gewesen, den Fluß durch Eindämmung in ein bestimmtes Bett zu zwängen. Ist dasselbe durch die großen, von den chinesischen Strömen mitgeführten Lößmassen zu weit erhöht, so tritt der Strom über seine Ufer und sucht sich, alles verheerend, ein neues Bett. Weniger unruhig ist der Jantse-kiang, der weit hinauf

481. Am oberen Jantse-kiang.

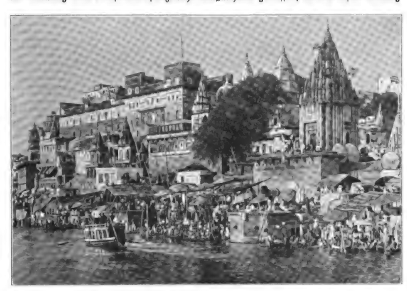
den Schiffahrtszwecken dienstbar gemacht ist. Von seinem oberen Laufe gibt die beigefügte Abbildung eine Darstellung.

Das Wasser hat für die südlichen Länder einen so überaus großen Wert, daß die demselben dargebrachte Verehrung sehr erklärlich erscheint. Nirgends dokumentiert sich diese Verehrung in einer so intensiven Weise als an dem heiligsten Flusse Indiens, dem Ganges, sind doch nach der Brahmanenlehre die Welt und die Götter aus dem Wasser hervorgegangen. Alle Wasser des Ganges sind Abkömmlinge der Götter, und viele der Flüsse, wie der Ganges selbst, sind weibliche Gottheiten. Im Gangesbade sucht der Kranke Genesung, und der Gesunde sorgt dafür, daß einst seine Asche in den Fluß gestreut wird. Das Stromufer ist der bedeutendste, bewohnteste Teil des Landes, und das religiöse Element das Hauptmoment zur Kultivierung eines Wassergebietes geworden. Der Strom hat in sehr wirksamer Weise die Bewohner auf die Ausnutzung des Wassers hingelenkt.

Sehr viel später erst als die Ströme Asiens und Afrikas dürften die Flüsse Europas dem Verkehre dienstbar gemacht worden sein. Über manche Ströme liegen bestimmte Nachrichten nicht vor, von anderen, wie dem Tiber, dem Po, der Rhône, dem Rhein und

Digitized by Google

der Donau, wissen wir, daß diese Flüsse schon im Altertume als Verkehrsvermittler dienten. Die Schiffbarkeit des Tiber war im Altertume eine größere als in der Jetztzeit, doch waren die große Stromgeschwindigkeit und die überaus starken Sandablagerungen bereits in jenem Zeitraume zwei sehr hemmende Umstände. Zu der Schiffahrt gaben namentlich das Vorhandensein der Brüche des Tiburtiner und Gabiner oder roten Steines oberhalb Roms, sowie die Möglichkeit einer Verbindung mit dem Meere den Anstoß. Die Schiffahrt auf dem Strome war und blieb jedoch beschwerlich. Kriegsschiffe wurden durch die Mannschaft, Handelsschiffe durch Ochsen gezogen, und zur Erleichterung wurden frühzeitig auf den Flußufern gepflasterte Ziehpfade hergestellt. Für den Transport sorgte die alte Körperschaft der Codicarii. Bei Nacht ruhte die Schiffahrt, und dieser Umstand hatte zur Folge, daß zahlreiche Schiffe auf dem Strome verankert lagen. Zur Aufrechterhaltung der Ordnung waren besondere polizeiliche Maßnahmen getroffen, an den Ufern entlang



432. Der Ganges bei Benares.

standen Wachtposten, deren Unterhaltungskosten die Anlieger tragen mußten. Die beständige Vorschiebung der Tibermündung und die massenhaften Sandablagerungen daselbst machten den antiken Ingenieuren die Aufrechterhaltung der Schiffahrt außerordentlich schwer, und schließlich erwies sich in diesem Kampfe die Natur mächtiger als der Mensch.

Die Rhône diente von sehr frühen Zeiten an Schiffahrtszwecken, auf ihr spielte sich ein guter Teil des Handelsverkehrs nach dem inneren Gallien ab. Bereits die Kaufleute von Tyrus hatten auf diesem Flusse ihre Fahrten gemacht, und seine Schiffbarkeit blieb den griechischen Seefahrern nicht unbekannt.

Die Anzahl der Schiffsfahrzeuge der Römer auf dem Rhein und dem Main war nicht gering. Geschützt von einer starken Kriegsflotte dienten Hunderte Schiffe den Handelszwecken. Mit welchen von den Menschen selbst bereiteten Schwierigkeiten die Flußschiffahrt auf dem Rhein im Mittelalter zu kämpfen hatte, ist in der Einleitung eingehend geschildert. Da es in jener Periode in Deutschland gleichsam zum guten Tone gehörte, sich nach Möglichkeit gegenseitige Hemmnisse in den Weg zu legen, so kann es nicht befremden, daß auch auf den anderen deutschen Flüssen, wie Oder und Elbe die Schiffahrt schwer

Digitized by Google

zu kämpfen hatte, bis sie sich der Fesseln entledigte. So gab es auf der Oder von Breslau bis Frankfurt im 14. Jahrhundert keine namhafte Ortschaft, welche nicht durch Anlegung von Wehren und Mühlen den Wasserweg eingeengt oder unbrauchbar gemacht hätte. Es war vergebens, diesem Unwesen durch Verordnungen beikommen zu wollen, und es gelang nicht, dem Verkehre die für seine Entwickelung und Hebung so unbedingt notwendige Erleichterung zu schaffen. Der untere Oderhandel stand jedoch bis zum 16. Jahrhundert in Blüte. Sein Untergang schien unvermeidlich, als die in Selbstsucht befangene Politik der Städte vor keinem Mittel zurückschreckte, um ihren Interessen den Sieg zu verschaffen. Im Jahre 1467 hatte Stettin das Privilegium erhalten, daß fortan keinem Nichtstettiner die Durchfahrt durch den Stettiner Baum gestattet zu werden brauchte. Mit einer Hartnäckigkeit sondergleichen setzte Stettin die Sperre der Oder durch, was gegen Ende des 16. Jahrhunderts zu einem zwanzigjährigen Handelsverbot für die Märker mit Stettin und zu dem Verfalle des unteren Oderhandels führte, ein Prozeß, der durch den Niedergang der Hansa beschleunigt und durch den Dreißigjährigen Krieg vollständig besiegelt wurde. In diesem Zeitpunkte machte sich das Bestreben Breslaus und Frankfurts a. d. Oder geltend, ihren Handel mit den an der See gelegenen Städten Lübeck und Hamburg ohne Berührung der Stadt Leipzig zu betreiben und womöglich die hohe Landstraße zu vermeiden, deren Endpunkte einerseits Italien, anderseits die Ostseeküste waren. Es kann an dieser Stelle nicht auf alle Einzelheiten des langen Kampfes eingegangen werden, den die Städte Breslau, Frankfurt a. d. Oder, Leipzig, Lüneburg und Hamburg führten, um die Oder der Schiffahrt zu erschließen oder für dieselbe zu schließen. Ebenso wenig können hier alle jene Bemühungen angeführt werden, die ein Jahrhundert hindurch aufgewendet wurden, um eine schiffbare Verbindung zwischen der Oder und der Elbe herzustellen, oder die Anstrengungen im einzelnen geschildert werden, welche Frankfurt a. d. Oder machte, um die Schließung der Oder durchzusetzen. In den Verhältnissen lag es begründet, daß die freie Stromfahrt auf der Oder in Verträgen aus den Jahren 1646 und 1657 auf je zehn Jahre bewilligt wurde. Auf der oberen Oder kam die Schiffahrt in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts zu großer Blüte. Viele Waren, welche die Elbe hinauf oder hinab transportiert wurden, legten auf der Oder einen Teil des Transportes zurück. Deshalb stellte Breslau im Jahre 1648 die Verbindung der Oder mit der Spree als einen sehr wesentlichen Vorteil für seinen Handel dar. Bis jedoch die Schiffe wirklich aus der Oder in die Elbe fahren konnten, verstrichen noch zwei Jahrzehnte. Auf die Geschichte dieser künstlichen Schiffahrtsstraße, der Graben genannt, wird in dem Abschnitte „Schiffahrtskanäle“ zurückzukommen sein.

An der Elbe herrschten dieselben traurigen Zustände. Die Zahl der Zollstätten betrug an diesem Strome zeitweilig 35. Auf der unteren Elbe sorgte Hamburg für eine gute Bezeichnung des Fahrwassers durch Baaken und Tonnen. Elbaufwärts war der Handel nicht nur durch die erwähnten Zollstätten, sondern auch durch die Stapelrechte vieler Städte außerordentlich beeinträchtigt. Namentlich durch den mächtigen Einfluß von Lüneburg wurde die Schiffahrt auf der Elbe derart gehemmt, daß der Warentransport nach Magdeburg und nach der Oberelbe den Landweg über Lüneburg nehmen mußte. Südlich von Magdeburg wurde die Elbe durch das Leipziger Stapelrecht gesperrt, so daß es nur thalwärts von Magdeburg Elbschiffahrt gab. Um eine Änderung der traurigen Verhältnisse herbeizuführen, schlossen im Jahre 1538 Hamburg und Magdeburg einen Vertrag zur gegenseitigen Unterstützung in der Förderung des Elbhandels ab. Weit mehr jedoch noch als durch diesen Vertrag erfuhr Hamburgs Handel durch die infolge der bereits erwähnten Stapelstreitigkeiten zwischen Stettin und Frankfurt a. d. O. im Jahre 1570 herbeigeführte Schließung der Schiffahrt auf der Unteroder eine bedeutende Förderung. Der Handel Breslaus zog sich fast vollständig nach Hamburg. Der Große Kurfürst förderte diesen Handel durch den Müllroser Kanal noch weiter. Bis über die Mitte des 17. Jahrhunderts hinaus hat Hamburg den ganzen märkischen Handel beherrscht, auch die Schiffahrt Berlin-Hamburg lag fast ganz in dessen Händen. Durch die Schaffung des Müllroser Kanales erhielt die Schiffahrt zwischen den beiden genannten Städten eine erhöhte Bedeutung. Die Mißbräuche und die mancherlei Übelstände, welche sich in dem

Schiffergewerbe eingeschlichen hatten, sowie die unter den Schiffern sich immer stärker geltend machende Konkurrenz führten dazu, daß nach langen Verhandlungen eine sogenannte Reihenfahrt zwischen Preußen und Hamburg vereinbart wurde; bedungen war, daß jeder an der betreffenden Fahrt und an dem Vertrage beteiligte Schiffer nur dann eine Ladung aufnehmen durfte, wenn er an der Reihe zu fahren war.

Friedrich der Große schuf in den Jahren 1740—1746 eine zweite künstliche Verbindung zwischen der Elbe und Oder durch den Finow- und Plaueschen Kanal. Der genannte Fürst führte zur Unterstützung des Magdeburger Elbhandels hohe Zölle ein, die bewirkten, daß zu jener Zeit der Hamburger Handel zur Oberelbe den Umweg über den Harz nahm. Diese Verhältnisse bewirkten eine Vernachlässigung und somit eine Verwilderung des Elbstromes. Zahlreiche Uferabbrüche fanden statt, und das Flußwasser wurde durch viele in dasselbe gestürzte Bäume für die Schiffahrt geradezu gefährlich. In diesen traurigen Verhältnissen trat erst im 19. Jahrhundert eine Besserung ein. Auf dem Wiener Kongreß geschah der erste Schritt zur Abstellung der Übelstände. Von den einst vorhandenen 35 Zollstätten blieben leider noch immer 14, von Melnik bis Hamburg, bestehen. Die Abgaben auf dieser Strecke beliefen sich einst für einen Zentner Waren auf 24 Groschen, und es kann daher nicht befremden, daß diese Belastung schwer empfunden wurde. Die interessierten Staaten teilten sich gleichsam in zwei feindliche Lager. Preußen, Österreich, Sachsen und Hamburg erklärten sich für die freie Schiffahrt, Hannover, Lauenburg und Mecklenburg wollten den Handel möglichst weitgehend fiskalisch ausbeuten. Eine vollständige und gründliche Änderung führte erst der Wettbewerb der Eisenbahnen herbei, betrug doch die Bahnfracht weniger als die auf der Elbe zur Erhebung gekommenen Zölle! Im Jahre 1863 wurden alle Zollstellen mit Ausnahme derjenigen zu Wittenberge aufgehoben, 1870 hörten endlich alle Elbzölle auf. Die Regulierungsarbeiten des Stromes wurden erst 1840 in Angriff genommen und hatten erst nach sehr langer Zeit merkbare Verbesserungen des Fahrwassers im Gefolge. Noch 1869 war die Fahrwassertiefe an vielen Stellen nur 45 cm. Die geringe Tiefe sowie die vielfachen Krümmungen und die ungenügende Fahrwasserbreite waren außerordentlich störend. In den Jahren 1869 bis 1885 wurden im ganzen für die Verbesserung des Flußlaufes 67 Millionen Mark von Preußen, Hamburg, Sachsen, Österreich, Anhalt und Mecklenburg aufgewandt. Welche Früchte dieses Kapital getragen hat, ist aus den folgenden Zahlen zu erkennen. Das Gewicht der bergwärts gehenden Güter betrug:

1814	21 000 t	1861—1870	340 000 t
1821	63 000 „	1881—1885	1 000 000 „
1841	177 000 „	1890	1 700 000 „
1851	300 000 „	1898	2 258 000 „

Diese Zahlen zeigen deutlich, welchen enormen Aufschwung der Handel bei einer Unterstützung nimmt, und welche große volkswirtschaftliche Bedeutung einer sachgemäßen Unterhaltung und Verbesserung der Flußläufe beizulegen ist.

Der außerordentliche Vorteil des Wassertransportes liegt in seiner Billigkeit. So kostet der Transport von einem Meterzentner Waren von Wien nach Triest ebensoviel, wie die Fracht von New York nach London beträgt, und die Transportkosten von Paris nach Havre sind eben so groß wie die von Havre nach Montevideo. Diese Billigkeit hat es ermöglicht, daß die Rohprodukte aus den überseeischen Ländern bezogen werden können, und daß eine namhafte Ermäßigung in dem Preise notwendiger Konsumartikel eingetreten ist.

Ein sehr wichtiger und gefährlicher Rivale ist der Binnenschiffahrt in unserem Jahrhundert in den Eisenbahnen entstanden, ein Rival, der jedoch, wie z. B. im Falle der Elbzölle, hin und wieder eine gute, heilsame Wirkung ausgeübt hat. Sollte die Schiffahrt in diesem heißen Konkurrenzkampfe nicht unterliegen, so war eine stete Ermäßigung der Frachtkosten ein Erfordernis. Das Streben nach einer immer weiteren Ermäßigung der Frachtkosten führt naturgemäß zu einer beständigen Vergrößerung des Schiffsladeraumes, was wiederum einen möglichst großen Tiefgang wünschenswert erscheinen läßt. Dieser größere Tiefgang bedingt eine größere Tiefe der Wasserläufe, und überall sehen wir daher, daß die vorhandenen Tiefen als nicht ausreichend bezeichnet werden. Diese

Tendenz läßt sich sowohl für die Fluß- als für die Seeschiffe verfolgen, und hieraus sind jene mächtigen Unternehmungen hervorgegangen, deren Endzweck eine Regulierung und namentlich eine Vertiefung der befahrenen Flußstrecken ist. Diese Arbeiten sollen mit Rücksicht auf ihre große technische und volkswirtschaftliche Bedeutung in einem besonderen Abschnitte, Stromkorrektionen, besprochen werden.

Über die Entwickelung des Verkehrs auf den deutschen Wasserstraßen geben die Vierteljahrshefte zur Statistik des Deutschen Reiches ein übersichtliches Bild. Der Verkehr betrug in den angegebenen Jahren im Durchschnitt in Tonnen ausgedrückt:

	1873/75	1876/80	1881/85	1886/90	1893	1895
auf dem Rheine	2 372 000	3 128 000	4 320 000	5 242 000	6 767 000	7 928 000
„ der Elbe bei Hamburg	694 000	1 172 000	2 274 000	2 771 000	3 039 000	3 566 000
„ der Spree bei Berlin	2 750 000	2 948 000	2 959 000	4 150 000	4 473 000	4 641 000
„ der Oder bei Breslau	—	—	478 000	1 293 000	—	1 409 000

Der gesamte Wasserstraßenverkehr Deutschlands betrug

1873: 9 541 000 t, 1895: 34 277 000 t,

woraus sich eine Steigerung um etwa 350 Prozent ergibt.

Um an dieser Stelle einen Vergleich zwischen den Wasserstraßen und Eisenbahnen zu ermöglichen und die Rolle beider für den Gütertransport erkennen zu können, folgen nachstehend die für die Eisenbahnen gültigen Zahlen.

1873: 120 000 000 t, 1895: 248 000 000 t.

Der Transport auf den Eisenbahnen war somit

1873: dreizehnmal, und 1895: nur siebenmal

so groß als die Güterbewegung auf den Wasserstraßen. Hierbei ist zu bemerken, daß sich das Eisenbahnnetz in dem angegebenen Zeitraume von 22 Jahren etwa verdoppelt hat, während die Verlängerung der Wasserstraßen dagegen unbedeutend war. Mithin war die Anziehungskraft der Wasserstraßen im Verhältnis eine bedeutend größere als die der Eisenbahnen.

Die außerordentliche Verkehrsentwickelung der Wasserstraßen dokumentiert sich auch in den folgenden Zahlen. Nach Symphers Schrift: „Der Verkehr auf den deutschen Wasserstraßen“, resp. nach Kurs wurden

1875 pro Kilometer Kanal befördert: 290 000 Tonnenkilometer,
1885: 480 000, 1891: 556 000 Tonnenkilometer.

Die betreffenden für die Eisenbahn geltenden Zahlen sind:

1875: 410 000, 1885: 430 000, 1891: 534 000 Tonnenkilometer.

Auch hinsichtlich der durchschnittlichen Beförderungslänge überflügeln die Wasserstraßen immer mehr die Eisenbahnen. Dieselbe betrug:

	auf den Eisenbahnen,	auf den Wasserstraßen
1875	125 km	280 km
1885	166 „	350 „

Als Ursachen dieses außerordentlichen Aufschwunges der Wasserstraßen sind anzugeben: Die gegen früher bedeutend größere Billigkeit, Schnelligkeit, Sicherheit und Regelmäßigkeit des Wassertransports, die ihrerseits wieder in der Vertiefung und Verbesserung des Fahrwassers, in der Herstellung von Hafenanlagen mit guter Ausrüstung für den Umladeverkehr ihren Grund haben. Die Vertiefung des Fahrwassers einer größeren Anzahl Wasserläufe hat die Verwendung tiefer gehender Schiffe als früher ermöglicht und eine bedeutende Herabsetzung der Frachtsätze gestattet. Die folgenden Daten sind besonders geeignet, die Bedeutung des Berliner Wasserverkehrs in das rechte Licht treten zu lassen. Der Durchgangsverkehr ist

von 689 285 t auf 754 376 t

gestiegen. Das Gesamtgewicht betrug in Tonnen:

	1887	1891	1895	1896	1897	1898	1899
a) durchgehende Schiffe	344707	427587	480687	689285	754376	857908	811049
b) angekommene Schiffe	4228170	4777073	4640787	4795772	4782831	5060427	5031320
c) abgegangene Schiffe	335595	396668	482310	483552	443196	571971	626082

Die Anzahl der Schiffe betrug:

	1887	1891	1895	1896	1897	1898	1899
a) durchgehende	4 270	4 215	4 161	4 473	4 456	4 758	4 092
b) angekommene	49 168	46 599	47 984	71 754	49 642	51 006	57 134
c) abgegangene	48 935	45 754	47 369	71 539	48 910	49 815	55 821

Der eigentliche Lokalverkehr belief sich in Tonnen:

	1887	1891	1895	1896	1897	1898	1899
auf	4 583 765	5 173 741	5 123 097	5 279 324	5 226 027	5 632 398	5 657 402

Seit 1898 macht sich eine stärkere Steigung dieses Verkehres bemerkbar.

Von den zu Wasser angekommenen Gütern dürften einzelne Gattungen mit ihrem Gewicht anzuführen sein:

Roh- und Brucheisen	33 483 t	Nutz-, Bau- und Schiffsholz	6 576 t
Verarbeitetes Eisen	43 590 „	Brennholz u. s. w.	306 960 „
Erde, Lehm, Sand, Kies	107 245 „	Mühlenfabrikate	60 553 „
Getreide	145 682 „	Steine und Steinwaren	128 694 „
Hafer	67 679 „	Steinkohlen	393 340 „
Stroh und Heu	13 307 „	Mauersteine	1 024 768 „
Kartoffeln	1 511 „		

Von den amerikanischen Wasserstraßen beansprucht die Schiffahrt auf den kanadischen Seen unbestritten den ersten Rang. Die Wasserstraße der genannten Seen ist nicht nur die wichtigste unter den amerikanischen, sondern überhaupt unter allen Binnenwasserstraßen der Erde.

Ein Vergleich der Hauptabmessungen der kanadischen mit denen einiger europäischer Seen resp. Meeresteile läßt die bedeutenden Verhältnisse der ersteren klar hervortreten.

	Größe in qkm	Meereshöhe in m
Oberer See	84 000	184
Michigansee	59 000	178
Huronsee	61 000	178
Eriesee	26 000	171
Ontariosee	19 000	170
Gesamtgröße	249 000.	

Die Größe des Bodensees ist 540, die des Genfersees 610 (der Schweiz 41 000) und die der Ostsee 358 000 qkm.

Eine von Natur schiffbare Verbindung ist nur zwischen dem Michigan-, Huron- und Eriesee vorhanden. Der Obere See wird durch die Stromschnellen bei Sault Saint Mary und der Ontariosee durch den weltberühmten Niagarafall von den übrigen Seen getrennt. Ein wichtiges Glied dieses Wasserstraßennetzes ist der Lorenzostrom, der eine Länge von 288 km besitzt, dessen Lauf jedoch ein sehr wechselvoller ist. Auf manchen Strecken fließt er träge dahin, auf anderen hat er einen sehr ungestümen, reißenden Lauf, so daß er hier nur von Vergnügungsdampfern befahren werden kann. Hier mußten, um den Flußlauf überhaupt der Schiffahrt erschließen zu können, Umgehungskanäle hergestellt werden, auf die in dem Abschnitte „Schiffahrtskanäle" näher einzugehen sein wird.

Südamerika besitzt den größten aller Ströme, den Amazonenstrom. Dieser gewaltige Fluß durchzieht das südamerikanische Festland fast in seiner ganzen Breite und bewässert auf seinem etwa 5000 km langen Laufe ein Gebiet von 7 337 000 qkm. Immer weiter erstreckt sich die Schiffahrt den 1600 Stunden langen Lauf hinauf, und einer nach dem anderen der zahlreichen größeren Zuflüsse wird der Schiffahrt dienstbar gemacht. An der Schiffahrt des Amazonenstromes sind Brasilien, Peru, Bolivia, Ecuador und Columbia interessiert, und je mehr die Kultur in diesen zum Teil enorm großen Ländern sich ausbreiten wird, um so größer wird die Bedeutung dieser Wasserstraße werden.

Von den Wasserstraßen Uruguays ist neben dem Uruguay, der Paraná zu nennen, der als Schiffahrtsstraße der bedeutendere ist. Bis zur Einmündung seines größten Nebenflusses, des Paraguay (1100 km), ist er für Seeschiffe mit 3 m Tiefgang befahrbar. Der Paraguay kann auf einer Länge von 2250 km noch mit Dampfern von 1,5—2,2 m

Tiefgang befahren werden. Auch die übrigen Nebenflüsse des Paraná, der Paranahyba, Tiete und Yguassu, sind schiffbar, und der Flußverkehr auf ihnen entwickelt sich in steigendem Maße.

So bedeutend einige der afrikanischen Ströme, wie der Nil und der Kongo, auch sind, hinsichtlich der auf ihnen betriebenen Schiffahrt stehen sie weit hinter manchen viel kleineren Flüssen in den anderen Erdteilen zurück; doch auch hier ist ein erfreulicher Aufschwung wahrnehmbar. Seit 1894, dem Zeitpunkte, zu welchem das Kamerungebiet an den Sjangafluß angeschlossen worden ist, hat auch Deutschland ein direktes Interesse an der Entwickelung der Kongoschiffahrt. Heute befahren bereits 42 Dampfer den oberen Stromlauf und seine Nebenflüsse. Seit dem Jahre 1896 besteht eine regelmäßige Dampferverbindung zwischen dem Stanleypool und den Stanleyfalls. Ein im Bau begriffener Dampfer soll fortan ausschließlich der Beförderung der Reisenden und der Postsachen dienen; er wird die Fahrt bis zu den Fällen in elf Tagen, die Niederfahrt in fünf Tagen zurücklegen. Die zurückzulegende Strecke hat eine Länge von 1200 km, d. h. sie entspricht der Entfernung von Königsberg nach Straßburg.

Während Europa, Asien, Afrika und Amerika reich an Flüssen sind, von denen in dem Vorangegangenen allerdings nur wenigen eine eingehendere Betrachtung zu teil werden konnte, ist der fünfte Erdteil, Australien, nach dieser Richtung hin von der Natur sehr stiefmütterlich behandelt worden. Das trockene Klima begünstigt nicht die Entstehung von Flüssen, die den größeren Teil des Jahres hindurch aus einer Reihe von Wasserlachen und Sümpfen bestehen. So mancher vom Gebirge stattlich herabkommende Strom versiegt einige Meilen weiterhin, und nur der 1350 km lange Murray, den die Schneemassen der australischen Alpen nähren, ist ein permanenter Strom. Aber auch er endigt in einem Binnensee. Bessere Aussichten gewähren mehrere Ströme im Norden der Kolonie Queensland, wo der Brisbane bis zur Hauptstadt gleichen Namens für Seeschiffe befahrbar ist; eine Zukunft dürfte wohl auch der Schwanenfluß in Westaustralien haben.

Wenn auch die Bedeutung der Ströme als Mittel für den Frachttransport bei weitem ihre Benutzung für den Personenverkehr überwiegt, so ist der letztere doch nicht zu unterschätzen. Namentlich vollzog sich vor Erfindung der Eisenbahnen ein für die damaligen Verkehrsverhältnisse nicht unbeträchtlicher Teil des Reiseverkehrs auf den Strömen. Die Ströme bieten in der Thalfahrt in der That ein so bequemes Mittel zum Transport, daß ihre frühzeitige Benutzung zum Personenverkehr nur zu erklärlich ist. Besonders am Mittelrhein bewegte sich der Reiseverkehr seit alten Zeiten vorzugsweise auf dem Wasserwege. Anfangs wurden zu diesem Zwecke unbedeckte, später mit Tuch überspannte Nachen und Schiffe benutzt. Um die Mitte des 17. Jahrhunderts begann man diese Schiffe bequemer auszustatten; im vorigen Jahrhundert versah man sie sogar mit komfortablen Zimmereinrichtungen. Die seit der Mitte des 18. Jahrhunderts den Rheinreiseverkehr vermittelnde sogenannte Wasserdiligence bestand aus drei abgesonderten Räumen mit Glasfenstern. Das platte Verdeck war mit Geländern und Bänken ausgerüstet. Neben dem Fahrzeug befand sich ein mit Segeltuch überspanntes Boot, das den Schiffern und Bedienten zum Aufenthalt diente. Für die Reise von Mainz nach Köln brauchten diese Diligencen zwei Tage, für die Rückfahrt drei Tage. Bis Köln betrug der Fahrpreis 12 Gulden. Für eine Jacht mit drei Zimmern waren von Mainz bis Köln 37 Gulden zu entrichten.

Die einen regelmäßigen Personenverkehr vermittelnden sogenannten Marktschiffe dürften nach den überkommenen Mitteilungen zuerst im Anfange des 12. Jahrhunderts ihre Fahrten ausgeführt haben. Das älteste Marktschiff scheint das Mainz-Frankfurter gewesen zu sein. Zu Beginn des 15. Jahrhunderts wurde zwischen den Räten der Städte Mainz und Frankfurt eine Ordnung über die Benutzung dieser Marktschiffe vereinbart. Zwischen den Mainzer Kurfürsten und dem Frankfurter Rat bestanden jedoch in der Folgezeit fortwährend Streitigkeiten darüber, wer solche Fahrten unternehmen zu lassen das Recht hatte, wer auf den Landungsplätzen Wein feilhalten und Musik machen lassen durfte u. s. w. Die Marktschiffahrten wurden schon früh derart geregelt, daß täglich je ein

Schiff von Mainz nach Frankfurt und in umgekehrter Richtung fuhr. In diesen Marktschiffen befanden sich gewöhnlich hundert und mehr Menschen, und auf denselben spielte sich daher ein sehr bewegtes Leben ab. Auf dem Rhein verkehrten u. a. zwischen Bingen und Mainz, Mainz-Oppenheim, Mainz-Nierstein, Mannheim-Worms, Bingen-Kaub derartige Marktschiffe, deren Fahrten bis zum Ausbruch der Französischen Revolution dauerten. Auch auf der Donau gingen zwischen Regensburg und Wien bis vor wenigen Jahrzehnten die sogenannten „Ordinarischiffe".

Durch die Dampfmaschine erfuhr der Wasserstraßenverkehr in ähnlicher Weise wie der Landverkehr eine vollständige Umgestaltung. Eifrig war man bemüht, die Dampfkraft der Schiffahrt sobald als möglich zur Verfügung zu stellen. Früher glaubte man, daß das erste, von Papin konstruierte Dampfboot bei Münden rohen Schifferknechten zum Opfer gefallen sei, eine Nachricht, die sich als irrtümlich herausgestellt hat, da jenes

433. Hudsondampfer.

Boot keineswegs ein Dampfboot war. Das von dem Marquis Claude Jouffroy im Jahre 1776 erbaute Boot bewährte sich zunächst nicht, später fand dieser Erfinder nicht die erforderliche Unterstützung. In dem Jahre 1788 erbaute Symington ein Luftboot, doch fielen die Versuche auf dem Clydekanal ebenfalls nicht günstig aus. An die Namen Evans, Fitsch und Rumsey knüpft die weitere Entwickelung an. Fulton gelang der Wurf; das erste große von ihm erbaute Dampfboot „Clermont", von dem Volke spöttisch „Fultons Narrheit" genannt, fuhr, nachdem der Erfinder es unter dem Hohngelächter der versammelten Menge bestiegen hatte, stolz und sicher von der Werft nach dem Hudson, auf welchem Flusse heute die prächtigsten Dampfer verkehren, deren 2500 bis 4000 Pferdestärken aufweisende Maschinen ihnen eine Geschwindigkeit bis zu 20 Knoten in der Stunde verleihen.

Im Jahre 1816 erschien das erste Dampfboot auf dem Rhein, ein sogenanntes englisches „Pläsierschiff", das nicht geringes Erstaunen hervorrief. In demselben Jahre wurde die Dampfschiffahrt auf der Elbe eröffnet. Auf dem Rhein entstand das erste Dampfschiffsunternehmen im Jahre 1826 (Preußisch-Rheinische Dampfschiffahrtsgesellschaft in Köln). Auf der Donau entwickelte sich die Dampfschiffahrt seit dem Jahre 1830.

Digitized by Google

Seitdem verschwand die Dampfkraft nicht wieder von den Wasserläufen, und in einer immer vielgestaltigeren Form fand sie Ausnutzung. Das Dampfboot wurde dem Gütertransport nutzbar gemacht, indem es entweder selbst diese Güter aufnimmt oder indem es lange Schleppzüge die Flüsse ab- und aufwärts bewegt. Welche Umwandlung durch die Dampfkraft auf diesem Gebiete eingetreten ist, wird ersichtlich, wenn man sich den früheren Schiffahrtsbetrieb vergegenwärtigt. Zur Bergfahrt wurden, wie auch vereinzelt heute noch, zum Ziehen der Schiffe Menschen, Pferde und, wenn die Umstände günstig waren, der Wind benutzt. Im Anfange dieses Jahrhunderts hatten die Rheinschiffe eine höchste Ladefähigkeit von 5000 Zentnern. Man brauchte für diese für die Bergfahrt etwa 12 Pferde. Die Fahrt von Amsterdam bis Düsseldorf beanspruchte 8 bis 10 Tage, die Kosten einer Bergfahrt beliefen sich damals auf 3000 Thaler, heute betragen dieselben höchstens 300 Thaler. Die Ladefähigkeit beträgt heute über 20 000 Zentner.

Neben den eigentlichen Schleppdampfern hat man die Dampfkraft in der Tauerei, d. h. der Seil- und Kettenschiffahrt ausgenutzt. Hierbei zieht sich das Schleppschiff mit dem angehängten Schleppzug an einer auf der Sohle verlegten Kette oder einem Seile entlang. Das Bestreben ist darauf gerichtet, die Dampfkraft für diesen Zweck durch

494. Elektrisches Tauerboot.

die elektrische Energie zu ersetzen, und der menschliche Scharfsinn beschäftigt sich zur Zeit damit, als Kraftquelle zur Erzeugung des elektrischen Stromes die Flußläufe selbst auszunutzen, und zwar gilt es, neben dem strömenden Wasser die vorhandenen Staudämme und Wehre nach dieser Richtung hin nutzbar zu gestalten, eine Aufgabe, die jedoch noch nicht ihre Lösung gefunden hat. Auf die besondere Ausgestaltung des Schiffszuges auf den Kanälen wird im Abschnitt „Schiffahrtskanäle" zurückzukommen sein.

Stromkorrektionen.

Handel und Schiffahrt stehen in enger Wechselwirkung zu einander. Wie die zahlreicher und reger gewordenen Handelsbeziehungen einen gewaltigen Aufschwung der Schiffahrt im Gefolge gehabt haben, so wirkt jede Verbesserung der Schiffahrtseinrichtungen vermehrend und fördernd auf Handel und Industrie und damit auf Wohlstand, Reichtum, Macht und Lebensfähigkeit der Völker. Die Beförderung der wachsenden Gütermengen verlangt gebieterisch den Bau immer größerer Schiffe; diese bedürfen tieferer Wasserstraßen für die Fahrt, größere und tiefere Hafenbecken für die Landung. Die meisten großen Häfen liegen an den Mündungen der Ströme und oberhalb derselben. Die oberhalb der Strommündung gelegenen Häfen bildeten früher vielfach die Grenze zwischen Fluß- und Seeschiffahrt; in den letzten Jahrzehnten ist dies anders geworden, indem mancher dieser Häfen wegen ungenügender Fahrwassertiefe den neueren tiefergehenden Schiffen unzugänglich geworden ist. Als Beispiel sei hier nur Bremen an-

Digitized by Google

geführt, das ungefähr 70 km oberhalb der Wesermündung liegt und den Endpunkt der Oberweserschiffahrt bildet. Bis nach Bremen konnten früher die wenig tiefgehenden Seeschiffe die Weser heraufgelangen, so daß dort von Bord zu Bord d. h. unmittelbar vom Seeschiff in das Binnenschiff und umgekehrt verladen werden konnte. Die mit der Entwickelung der Seeschiffahrt immer größer gebauten Schiffe vermochten auf der unregulierten, immer mehr verwilderten Weser schließlich nur noch bis Bremerhaven, Geestemünde und einigen weiteren Unterweserhäfen, aber nicht mehr bis Bremen selbst gelangen; anderseits war es den leichtgebauten hölzernen Oberweserkähnen nicht möglich, die Unterweser wegen des auf derselben herrschenden heftigen Wellenschlages zu befahren. So konnte also nicht mehr von Bord zu Bord umgeladen werden, und die Leichterschiffe oder die Eisenbahn mußten den Verkehr zwischen Flußschiff und Seeschiff vermitteln. Dadurch wurden natürlich die Frachtkosten gewaltig verteuert, und Bremen blieb hinter seinen Nachbarn Hamburg, Amsterdam, Rotterdam und Antwerpen, die sich neu ausgebauter Häfen mit verbesserten Zugängen von der See und namentlich auch verbesserter Wasserverbindungen nach dem Binnenlande erfreuen, weit zurück. Wo solch mißliche Verhältnisse für einen Hafenplatz eintreten, ist die Verbesserung der Schiffahrtsstraße dringend notwendig, damit die Seeschiffahrt — das billigste Verkehrsmittel — möglichst weit in das Binnenland hinein fortgesetzt werden kann, wodurch große Summen gespart, Handel und Industrie gesteigert werden und der in seiner Existenz bedrohte Hafen den Wettbewerb mit seinen Nachbarn bestehen kann. Aus den angeführten Gründen hat die Verbesserung der Flußläufe im Laufe der Zeit eine immer größere Wichtigkeit erlangt.

Die Strombaukunst, die sowohl eine genaue Kenntnis der allgemeinen natürlichen Verhältnisse, als auch ein eingehendes Studium der Besonderheiten jedes Flußlaufs voraussetzt, ist verhältnismäßig sehr jungen Datums. So hervorragende Leistungen die antiken Ingenieure auf den verschiedensten Gebieten der Technik hervorgebracht haben, auf dem Gebiete des Strombaues müssen ihre Leistungen als ziemlich unbedeutend bezeichnet werden. Am meisten Schwierigkeiten bereitete den Ingenieuren im Altertum die Offenhaltung der Flußmündungen, an denen die ungeheueren Sandablagerungen die Schiffahrt im Laufe der Zeit außerordentlich beeinträchtigten, ja unmöglich machten. Hier suchte man durch die Schaffung neuer künstlicher Flußarme die unterbrochene Verbindung mit dem Meere wiederzugewinnen. Die erste bekannte derartige künstliche Wasserstraße, zum Zwecke der Offenhaltung der Schiffahrt hat bereits Nebukadnezar geschaffen, der den 600 km langen Kanal, Pallakopas genannt, herstellen ließ, der außer als fahrbare Wasserstraße hauptsächlich dazu diente, die Sumpfgebiete an der Euphratmündung zu entwässern. Im November jedes Jahres mußte der Kanal geschlossen werden, da sonst die Bewässerung der Ländereien nicht möglich war, indem zuviel Wasser zum Abflusse gelangte. Die Schließung des Kanals war sehr kostspielig und mühevoll. Sie lag dem Satrapen von Babylon ob und bedingte die Beschäftigung von 10 000 Menschen während dreier Monate. Um den Umfang dieser Arbeit einzuschränken, ließ Alexander der Große eine neue Kanalmündung, die festeren Boden durchschnitt, herstellen. Die Spuren des Pallakopas mit seinen vielen Seen sind heute noch zu verfolgen. Mit Recht erblickt man in diesem künstlichen Flußlauf ein hervorragendes Werk des chaldäischen Volkes, bedingte doch die damals allein zur Verfügung stehende Menschenkraft die Vereinigung vieler Tausende zur Schaffung derartiger Riesenbauten. Viele Jahrhunderte später ahmten die Römer das gegebene Beispiel nach und schufen an der Rhône die fossa mariana und an dem Tiber die fossa traiana.

Die fortgeschrittene Technik der Neuzeit löst derartige Aufgaben in vollständig anderer Weise. Die auf die Verbesserung von im Flutgebiet belegenen Flußmündungen gerichteten Bestrebungen haben Werke entstehen lassen, die zu den bedeutendsten Schöpfungen auf ingenieurtechnischem Gebiete zu zählen sind. Die englischen Ingenieure waren die ersten, welche mit der Korrektion der im Flutgebiet gelegenen Flüsse vorangingen, und die erreichten Erfolge haben den Beweis geliefert, daß die auf die Verbesserung wichtiger Schiffahrtswege aufzuwendenden Mittel kaum zu groß werden können. Das älteste und mit dem bedeutendsten Erfolge gekrönte Beispiel von Regulierungsarbeiten im Flutgebiet

bietet die den Zugang von der See nach Glasgow bildende Clyde. Glasgow, seit Jahrhunderten eine der reichsten und bedeutendsten Städte Schottlands, verdankte diese Stellung ausschließlich seiner Industrie; besonders wurden daselbst im großen Maßstabe Zuckerraffinerien und Wollfabriken betrieben. Mit Beharrlichkeit richtete sich das Bestreben der Glasgower Kaufleute darauf, einen Teil des Handels mit Amerika in die Hände zu bekommen. Die Stadt lag zwar an einem Fluß, der Clyde, aber dieser besaß eine so ungenügende Tiefe und führte so wenig Wasser, daß er der Schiffahrt keine Dienste zu leisten vermochte. Nach einem im Jahre 1775 erstatteten Bericht konnte man den Fluß bequem durchwaten, an einigen wenigen Stellen war eine Tiefe von etwa 40 cm bei Niedrigwasser vorhanden. Mit Hilfe der kräftigen Flutwelle, die Englands Küste bespült, ist dieser Fluß allmählich derart verbessert worden, daß Schiffe mit 3000 Tonnen und 7,3 m Tiefgang nach Glasgow an den Broomielaw kommen und diese Stadt sich infolge der Verbesserung ihres Zugangs von der See her zu der größten Handels- und Fabrikstadt Schottlands aufgeschwungen hat, auf deren berühmten Werften die größten Seedampfer gebaut werden. Dieses freilich erst in langen Jahren erreichte Ziel hat Glasgow in der Zeit von 1770—1785 reichlich 136 Millionen Mark gekostet, die auf die Regulierung der Clyde und den Bau der Hafenwerke verwendet worden sind. Diese großen Kosten sind allerdings zum Teil dadurch entstanden, daß an der Clyde, wie an anderen im Flutgebiet gelegenen Flüssen in England, ebenso wie auch in Deutschland, in früheren Jahren nicht die richtigen Bauweisen zur Regulierung in Anwendung gebracht worden sind; man hat lange für die im Flutgebiet gelegenen Strecken dieselben Regeln befolgt, die für den oberen Lauf Gültigkeit haben, für das Flutgebiet aber wie man nunmehr erkannt hat, geradezu verwerflich sind.

Sind sonach zwar die Engländer mit der Ausführung der Regulierungen im Flutgebiet vorangegangen, so gebührt doch dem Hamburger Wasserbaudirektor Dalmann (gest. 1875) das Verdienst, in seiner im Jahre 1856 erschienenen Schrift „Über Stromkorrektionen im Flutgebiet“ dieses wichtige Gebiet zum erstenmal wissenschaftlich untersucht und beleuchtet zu haben. Den bis jetzt an Klarheit und Gründlichkeit unerreichten theoretischen Ausführungen Dalmanns steht die vom Oberbaudirektor L. Franzius in Bremen auf wissenschaftlicher Grundlage geplante, in den Jahren 1887—1896 in hervorragender Weise und mit großem Erfolg ausgeführte Korrektion der Unterweser ebenbürtig zur Seite.

Der Hauptzweck einer Flußkorrektion ist in den meisten Fällen die Herbeiführung einer regelmäßigen und unschädlichen Fortbewegung der Sinkstoffe (Gerölle, Kies, Sand, Schlamm, Schlick), um dadurch die für die Schiffahrt nötige Fahrwassertiefe zu schaffen und zu erhalten.

Bei der Ausführung einer Regulierung geht das Bestreben des Flußbaumeisters dahin, das Arbeitsvermögen des Flusses d. h. die ihm vermöge seiner Wassermenge und deren Geschwindigkeit innewohnende Kraft zur Mitwirkung heranzuziehen. Die im oberen Laufe der Flüsse abfließende Wassermenge hat, von den durch meteorologische Vorgänge hervorgerufenen Schwankungen abgesehen, im allgemeinen eine bestimmte, leicht meßbare Größe, die durch keine baulichen Eingriffe vermehrt, höchstens geregelt oder durch Ableitung verkleinert werden kann. Auch die Geschwindigkeit der stets in einer Richtung, thalabwärts sich bewegenden Wassermenge kann nur innerhalb der durch das vorhandene Gefälle gegebenen Grenzen verändert werden. Anders verhält sich die Sache im Flutgebiet; dort bewegt sich im Flußbett nicht allein das von oben kommende, seewärts fließende Oberwasser, sondern infolge der Flutbewegung des Meeres von der Mündung landeinwärts noch eine, jenes um das 50—100fache übertreffende Wassermenge. Das von der See in den Flußlauf einströmende Wasser schiebt das Oberwasser vor sich her und staut es auf. Nach einem gewissen Zeitraum flutet es wieder seewärts zurück. Diese im Flutgebiet sich bald seewärts, bald landwärts bewegende Wassermasse hat jeden Augenblick eine veränderte Größe und veränderte Geschwindigkeit. Je mehr das Eindringen der Flutwelle in den Flußlauf durch Beseitigung etwaiger Hindernisse an der Mündung und im Flußbett selbst erleichtert wird, um so größer wird die einströmende Wassermasse

und deren Geschwindigkeit sein und um so weiter landeinwärts wird sie vermöge der in der offenen See gewonnenen lebendigen Kraft vordringen; anderseits wird auch bei Eintritt der Ebbe das Wasser rascher wieder seewärts abfließen. Je größer aber die bewegte Wassermenge und deren Geschwindigkeit ist, um so größer ist ihre lebendige Kraft und um so größere Widerstände können überwunden, um so mehr nützliche, auf die Fortbewegung der Sinkstoffe gerichtete Arbeit kann damit geleistet werden.

Der wichtigste Grundsatz bei der Stromregulierung im Flutgebiete ist demnach, dafür zu sorgen, daß die von der See kommende Flutwelle möglichst ungehindert in den Fluß eintreten und in demselben sich weiter bewegen kann.

Wir haben erfahren, daß im oberen Lauf eines Flusses eine Vermehrung der Wassermenge gar nicht und eine Vergrößerung der Geschwindigkeit nur in verhältnismäßig geringem Maße durch Eingreifen von Menschenhand erreicht werden kann. Da im Flutgebiet durch Beseitigung von Hindernissen sowohl die sich bewegende Wassermenge, wie deren Geschwindigkeit um das doppelte oder dreifache gesteigert werden kann, so geht daraus hervor, daß hier bei richtig geleiteter Korrektion weit größere Erfolge erreicht werden können, als im Oberlauf. Diese Erfolge beziehen sich nicht nur auf die Schaffung und Erhaltung einer genügend tiefen Schiffahrtslinie, sondern infolge der ungehinderten und daher tiefer abfallenden Ebbe tritt auch eine Senkung des Wasserspiegels ein, die eine bessere Entwässerung der im Flutgebiete gelegenen, wertvollen Marschländereien gestattet, und endlich ist mit dem leichteren Abfluß des Wassers auch ein besseres Abtreiben des Eises verbunden.

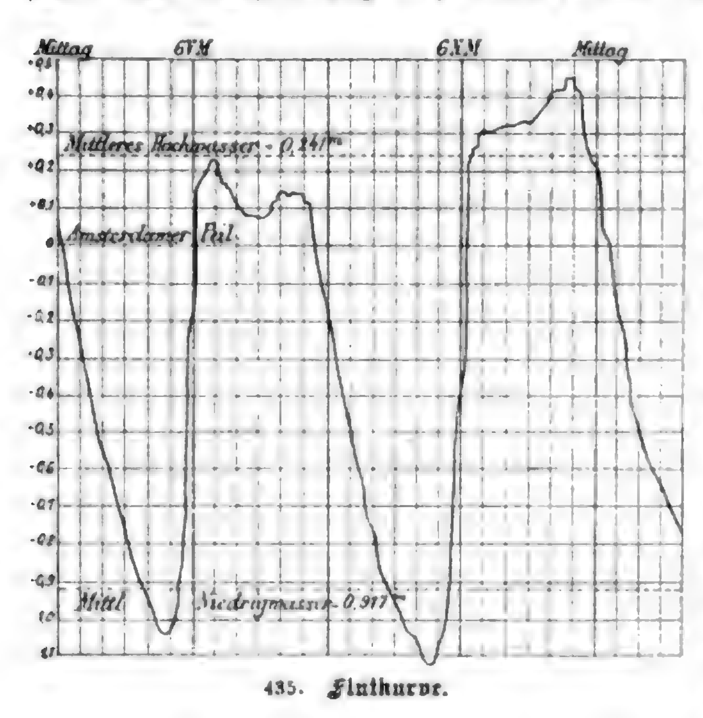
Zur richtigen Planung der auf die Steigerung der Flutwelle hinzielenden Maßnahmen ist die genaue Kenntnis der durch die Örtlichkeiten zum Teil sehr verwickelten Fluterscheinungen an den einzelnen Punkten des Flutgebietes erforderlich, und so sollen vor Eingehen auf die Ausführung der erforderlichen Korrektionsarbeiten die Ursache und der Verlauf der Flutwelle betrachtet werden.

Die in den Fluß von der See her eintretende und sich im Flußbett landeinwärts bewegende Flutwelle ist ein Teil der Meeresflutwelle, die durch die Anziehungskraft von Sonne und Mond auf die Erde entsteht. Hierdurch tritt täglich zweimal ein Steigen und Fallen des Meeres, d. h. Flut und Ebbe ein. Die Flutperiode, die Zeit zwischen dem Eintreten zweier aufeinander folgenden höchsten und niedrigsten Wasserstände dauert theoretisch 12 Stunden, 25 Minuten, 14,16 Sekunden. Die Fluterhebung und die Zeit ihres Eintritts ist durch die gegenseitige Stellung von Sonne und Mond zur Erde und durch die größere oder kleinere Entfernung von der Erde beeinflußt. Zur Zeit des Vollmonds und des Neumonds stehen Erde, Mond und Sonne in gerader Linie, daher ist die Flut besonders groß. Man nennt sie Springflut, welche durch Sturm zur Sturmflut gesteigert werden kann; zur Zeit des ersten und letzten Mondviertels tritt dagegen eine besonders schwache, die sogenannte taube, tote oder Nippflut ein. Die Zeiten des Eintritts von Hochwasser und Niedrigwasser erleiden einen periodischen Wechsel in der Weise, daß diese Wasserstände am folgenden Tage je $\frac{1}{2}$—$1\frac{1}{2}$ Stunden später eintreten als am vorhergehenden.

Der Verlauf der Fluten ist nicht überall derselbe; die Gestaltung der Ozeane und der Küsten ist von Einfluß auf ihn. Durch das Anlaufen der Flutwelle an die Küste tritt eine Aufstauung und Ablenkung der Wellen ein; die abgelenkten Wellen durchdringen sich und laufen so lange weiter, bis ihre lebendige Kraft durch Winde, Anlaufen an die Küste und entgegengesetzte Strömungen gebrochen ist. Auch durch die Einwirkung des Windes wird die Flutwelle stark beeinflußt; ein mit der Richtung der Flutwelle wehender Wind vermehrt ihre Höhe und ihre Geschwindigkeit, und zwar ist dieser Einfluß um so größer an den Enden allmählich sich verengender Buchten und bei sonst geringer Fluthöhe, wie dies z. B. an der deutschen Nordseeküste der Fall ist, während bei größerer Fluthöhe, an der englischen und nordfranzösischen Küste, dieser Einfluß viel geringer ist.

Wie groß die Flutgröße, d. h. der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstande im offenen Meere ist, konnte noch nicht ermittelt werden, man kennt nur die Flutgröße an den Küsten des Festlandes und an den Inseln; jedenfalls ist die Flutgröße

im offenen Meere kleiner als an den Küsten. Dagegen wird umgekehrt die Fortschrittsgeschwindigkeit der Flutwelle an der Küste, infolge der der Bewegung entgegenstehenden Hindernisse, kleiner als im offenen Meere. Nicht zu verwechseln mit der Geschwindigkeit des Fortschreitens der Welle ist die Geschwindigkeit der Strömung bei Flut und Ebbe. In Hamburg z. B. tritt das Hochwasser 4 Stunden 16 Minuten später ein als in dem etwa 100 km seewärts gelegenen Cuxhaven; die durchschnittliche Fortschrittsgeschwindigkeit der Welle auf der Strecke Cuxhaven-Hamburg ist somit 6,5 m in der Sekunde, während die Strömung wesentlich kleiner ist. Ihre größte Höhe erreicht die Flutwelle im Verhältnis zur Flutgröße an der Mündung in denjenigen Gebieten, in denen die Ufer sich trichterförmig zusammenziehen und der Grund allmählich ansteigt. In solche Buchten wird das Flutwasser gewaltsam hineingepreßt, und mit der Verengung steigt der Scheitel der Welle. Die Stelle im Flutgebiet eines Stromes, an welcher die Erhöhung des Wasserspiegels zu Null wird, ist die **Flutgrenze**; weiter unterhalb der Flutgrenze liegt die Grenze des Flutstromes; zwischen dieser und der Flutgrenze findet keine Flutströmung mehr statt, sondern nur noch ein Aufstauen des Oberwassers.



435. Flutkurve.

Um sich von dem Verlauf der Fluterscheinungen in einem Flutgebiete im ganzen und an einzelnen Punkten genaue Kenntnis und ein anschauliches Bild zu verschaffen, dazu dienen die Flutkurven und Flutmesser. Die **Flutkurven** eines Ortes erhält man, wenn man auf einer die Zeiten darstellenden Abscissenachse die zugehörigen Höhen der Flut als Ordinaten aufträgt. Zur Herstellung der Flutkurven müssen die Wasserstände in kurzen Zeitabschnitten abgelesen werden; genauer und bequemer erhält man die Flutkurven für jede einzelne Flut durch Aufstellung selbstzeichnender **Flutmesser**. Dies sind Vorrichtungen, welche die Bewegungen eines Schwimmers und damit den jeweiligen Wasserstand mit einem Zeichenstifte auf einen durch ein Uhrwerk gedrehten, mit der entsprechenden Zeiteinteilung versehenen Papierstreifen auftragen.

Die **Flutwelle** stellt das Bild einer das Flutgebiet durchziehenden Flut und Ebbe während eines Augenblickes dar und wird entweder durch an zahlreichen Punkten gleichzeitig angestellte Beobachtungen oder noch besser aus den durch die selbstzeichnenden Flutmesser aufgenommenen Flutkurven ermittelt.

Neben der Kenntnis der Flutkurven ist für die Korrektion von Wichtigkeit die Kenntnis der Linien des **Hoch- und Niedrigwassers** d. i. die Verbindung der für alle Punkte des Flutgebietes vorkommenden höchsten und niedrigsten Wasserstände während einer Flutperiode. Aus den während eines langen Zeitraumes gemachten zahlreichen Beobachtungen der Fluterscheinungen werden Durchschnittswerte ermittelt, die als Grundlage für die Bearbeitung des Regulierungsentwurfes dienen (vergl. Abb. 437).

Den Gang der Entwurfsbearbeitung mit den zahlreichen Untersuchungen, Beobachtungen und Berechnungen in technischer und kommerzieller Hinsicht, von denen die Bestimmung der im Flutgebiet sich bewegenden Wassermenge von besonderer Wichtigkeit ist, weil diese für die Abmessungen des Bettes maßgebend ist, müssen wir hier übergehen und wenden uns den Hilfsmitteln der Korrektion und der Ausführung zu.

Wie wir oben gesehen haben, ist die erste Aufgabe der Korrektion eines Stromes im Flutgebiet die Vergrößerung der Wassermenge und der Geschwindigkeit der in dem-

selben sich bewegenden Flutwellen. Die Mittel zur Erreichung dieses Zieles sind im allgemeinen ein sich von der Mündung nach oben bis zur Flutgrenze angemessen verengendes, von allen die Bewegung der Flutwelle abschwächenden Hindernissen befreites Flußbett. Solche Hindernisse sind scharfe Krümmungen, Spaltungen des Flußlaufes durch Inseln und Sandbänke, Unregelmäßigkeiten in den Querschnitten des Flußbettes, namentlich auch von früheren Regulierungen herrührende Einbauten, wie Buhnen. In scharfen Krümmungen wird die Flutwelle zu fortwährendem Richtungswechsel gezwungen, und dadurch wird ein Teil ihrer lebendigen Kraft unnütz verbraucht; ferner entstehen in Krümmungen leicht Unregelmäßigkeiten im Flußbett, Vertiefungen auf der konkaven, Verlandungen auf der konvexen Seite und dadurch Querschnittsverengungen. Solche scharfe Krümmungen müssen durch Ausführung von Durchstichen abgeschnitten werden, kleine Krümmungen können durch Abgrabung auf der konvexen und Ausbau der konkaven Seite verbessert werden. Noch ungünstiger als Krümmungen wirken Spaltungen durch größere Inseln. Wie ein in zwei Arme gespaltener Fluß in diesen einen größeren Widerstand findet als im ungeteilten Bett, so ist dies auch bei der sich durch Arme durchzwängenden Flutwelle der Fall; dazu kommt noch, daß sich die Flutwelle in den beiden Armen nicht mit gleicher Geschwindigkeit bewegen wird, so daß am Ende der die Spaltung herbeiführenden Insel die Flutwelle in dem einen Arme früher ankommt als im anderen und dadurch ein Teil der Welle in den anderen Arm fließt und der dort sich bewegenden Welle entgegenströmt; die Folge ist natürlich eine bedeutende Abschwächung der nach oben weiterströmenden Flutwelle. Das Mittel zur Beseitigung einer Spaltung besteht in der Abdämmung des ungünstig gelegenen Armes. Der Sperrdamm wird am oberen Ende des abzuschließenden Armes hergestellt, damit ein großer Teil desselben als Spülbecken für die untere Strecke erhalten bleibt; ein solches Spülbecken füllt und entleert sich in jeder Flutperiode, und dadurch wird eine viele Millionen Kubikmeter betragende Wassermenge über die unterhalb des Spülbeckens gelegene Strecke des Flutgebietes hin und her bewegt, welche an der Vertiefung und Reinhaltung dieser Strecke mitarbeitet und so gleichzeitig die Flutentwickelung oberhalb fördert. Kleinere Arme, die als Spülbecken wertlos sind, werden zweckmäßigerweise zugeschüttet. Es wird dadurch einmal der Vorteil erreicht, daß die bei der Regulierung künstlich gewonnenen Erdmassen in möglichster Nähe, also billig abgelagert werden können, sodann daß der Sperrdamm leichter gebaut werden kann, als wenn er — bei offen gehaltenem Arm — dem Angriff und dem Übersturz des Wassers ausgesetzt bliebe, und endlich, daß wertvolles, ertragfähiges Land gewonnen wird. Mit der fortschreitenden Abdämmung des Nebenarmes wächst die Stromkraft im Hauptarm, denselben erweiternd und vertiefend. Sollte die Sohle des Flußbettes den Angriffen der Stromkraft zu großen Widerstand entgegensetzen oder die Erweiterung des Hauptarmes durch die Stromkraft allein zu lange dauern, so muß durch Baggerung nachgeholfen werden.

Unter einem Bagger versteht man eine Vorrichtung, um von der Sohle eines Wasserlaufes den Boden zu entfernen. Auf die verschiedenen Formen der Bagger wird gelegentlich zurückzukommen sein.

Die Thätigkeit der Bagger hat auch vorteilhaft einzutreten bei der Beseitigung etwaiger das Flußbett auf die ganze Breite durchsetzender Sandbänke, sogenannter Barren, die bei größeren Flüssen oft in der Gegend der Flutgrenze, bei kleineren mehr vor der Mündung vorkommen. Nachdem durch Durchstiche und Abdämmungen ein einheitlicher Flußschlauch hergestellt ist, muß der durch die Strömung entstehenden Verlegung des tieferen Niedrigwasserbettes entgegengewirkt werden. Das geschieht durch die Anlage von Leitdämmen, die bis zur Höhe des Niedrigwasserbettes reichen, der Raum zwischen diesen Leitdämmen und dem Hochwasserufer kann unter Umständen für die natürliche Ablagerung der vom Strom bewegten Sinkstoffe frei bleiben oder mit Baggermaterial bis zur Niedrigwasserhöhe angeschüttet werden. Die Baggerungen sind bei den Korrektionen im Flußgebiete ein unentbehrliches Hilfsmittel, da der Erfolg bei einer nur durch Sperrdämme und Leitdämme bewirkten Korrektion zu lange auf sich warten ließe. Auch nach gelungener Regulierung wird die Baggerung nie ganz überflüssig werden, da hohe Sturmfluten und

außerordentliche Oberwasser Ablagerungen veranlassen können, deren rasche Beseitigung im Interesse der Schiffahrt und zur Verhütung der Ausbildung einer falschen Rinne notwendig werden kann. Durch Baggerung kann auch ein nicht unbedeutender Gewinn sich herausstellen, wenn das gebaggerte Material zur Verstärkung der Sperrdämme und Leitdämme, zur Aufhöhung von Niederungen und dergleichen vorteilhaft verwendet werden kann. So ist z. B. im Entwurf für die Korrektion der Unterweser ein durch Ablagerung von Baggerboden zu erzielender Gewinn an fruchtbarem Lande von reichlich 1000 ha im Werte von 2400000 Mark veranschlagt. Ist keine nützliche Verwendung für Baggermaterial vorhanden, so muß dasselbe dort abgelagert werden, wo es am wenigsten schädlich ist, in abgeschnittenen großen Armen, oder es kann bei starker Ebbeströmung kurz vor der Mündung im Stromstrich selbst ausgeschüttet werden, wo es die Strömung, ohne schädliche Ablagerungen hervorzurufen, in die tiefe See führt.

486. Dampfbagger auf der Elbe.

Bei Aufstellung der Pläne für eine Korrektion im Stromgebiet kann es sich nur um einen Entwurf im allgemeinen handeln, die Anordnung der Arbeiten im einzelnen und auch die Reihenfolge derselben muß der Ausführung vorbehalten bleiben, da im Laufe derselben durch das Verhalten des Flusses manche Änderungen notwendig werden können. Die technische Ausführung muß deshalb auch von einer Stelle aus geleitet werden, welche die Stromverhältnisse vor der Regulierung schon kannte und jederzeit einen vollen Überblick über die sämtlichen Vorgänge im Flutgebiet hat, um das Erforderliche sofort anordnen zu können.

Über die Reihenfolge der Arbeiten ist anzuführen, daß mit der Beseitigung der Hindernisse an der Mündung begonnen werden muß, weil dann das Eindringen der Flutwelle von Anfang an erleichtert und somit auch von Anfang an in dem vermehrten Flutwasser die stärkere Stromkraft zur Wirkung kommt; eine Regulierung von oben würde keine Steigerung der an der Mündung und in den unteren Strecken am Eintreten und Fortbewegen gehinderten Flutwelle herbeiführen, sondern durch Zuführung von Sinkstoffen in den unteren Strecken unter Umständen nachteilige Ablagerungen veranlassen.

Digitized by Google

Es sind alsdann die Absperrungen der Spaltungen in Angriff zu nehmen, um diese so rasch wie möglich zu beseitigen, weil sie den nachteiligsten Einfluß auf die Entwickelung der Flutwelle ausüben. Mit der Absperrung der Nebenarme hat dann die Erweiterung der Hauptarme Hand in Hand zu gehen, damit durch die Hauptarme eine kräftige Flut und Ebbe stattfindet und so die Stromkraft vermehrt wird. Nach Absperrung der schädlichen Nebenarme werden die zur Ausbildung und Vertiefung des Niedrigwasserbettes dienenden Leitdämme ausgeführt, durch deren Fertigstellung wird die Stromkraft so vergrößert, daß eine Menge Sinkstoffe aufgewühlt und fortbewegt und in den alten Armen und zwischen den Leitdämmen und den Hochwasserufern abgelagert wird. Zur Beschleunigung der Korrektion müssen, wie schon oben bemerkt, Bagger in Thätigkeit treten, namentlich auch an den Stellen, wo feste Bodenarten durch die Stromkraft allein nicht abgetrieben werden; unter Umständen genügt es auch, den Boden nur aufzulockern, ohne ihn zu heben, und ihn dann der Strömung zu überlassen. Bei der Unterweserkorrektion waren von 55 Millionen cbm 31 Millionen als durch Baggerung und Grabung und 24 Millionen als durch die Ebbe- und Flutströmung zu beseitigen angenommen.

Welche gewaltige Erfolge durch Stromkorrektionen im Flutgebiet erreicht werden können und erreicht worden sind, mögen außer der schon erwähnten Clyde nachstehende Beispiele zeigen.

Der in die Nordsee mündende Tyne, an der Grenze von England und Schottland, hatte, als im Jahre 1843 mit systematischen Baggerungen zu seiner Regulierung begonnen wurde, unterhalb Newcastle, des jetzigen Hauptkohlenhafens von England, beim Niedrigwasser der Springflut nur 0,6 m und bei Hochwasser 4,4 m Fahrwassertiefe. Bis zum Jahre 1860 waren durch die nur in geringem Umfange betriebenen Baggerungen rund 1½ Millionen cbm gefördert worden. Im Jahre 1856 begann man an der Mündung mit dem Bau von 2 Hafendämmen, um das Fahrwasser über der dort vorhandenen Barre zu verbessern. Durch die Baggerungen und Regulierungsarbeiten wurde eine Verbesserung der Flußrinne erreicht, doch betrug im Jahre 1860 die Tiefe des Fahrwassers über der Barre beim Niedrigwasser der Springflut nur 1,8 m, und Schiffe von 4,6 m Tiefgang konnten nur bei hoher Springflut bis Newcastle vordringen. Vom Jahre 1861 ab wurden die Baggerungen energischer betrieben, und bis zum Jahre 1890 waren rund 45000000 cbm aus dem Fluß gebaggert und in die See geschüttet worden. Durch diese Baggerungen wurde das Fahrwasser auf der Barre von 1,8 m auf 6,0 m bei Niedrigwasser der Springflut vertieft und eine Wasserstraße mit einer kleinsten Fahrwassertiefe von 6 m bei Niedrigwasser bis Newcastle geschaffen. Der Tyne ist aus einem ursprünglich unbedeutenden, für größere Schiffe unzugänglichen Fluß zu einer großen, für den Handelsverkehr, namentlich für Kohlentransporte, wichtigen Wasserstraße geworden, die mit Schiffen bis zu 4000 t befahren werden kann. Die Tyne-Häfen nehmen jetzt in Bezug auf den jährlichen Gesamttonnengehalt der hier anlaufenden Schiffe unter den britischen Häfen nach London und Liverpool den ersten Rang ein.

Die Seine. Das Flutgebiet der Seine erstreckt sich von Havre 150 km landeinwärts, noch 19 km oberhalb von Rouen. Zwischen Havre und Rouen hatte die Schiffahrt vor den im Jahre 1846 begonnenen Korrektionsarbeiten mit vielen Schwierigkeiten zu kämpfen, da sich das Fahrwasser auf der unteren breiten Strecke von La Mailleraye bis zur Mündung oft verlegte und zahlreiche Untiefen von nicht mehr als 0,5 m unter Niedrigwasser vorhanden waren*). Außerdem hatte die Schiffahrt auf dem stark gewundenen Lauf noch mit einem anderen gefährlichen Feind zu kämpfen, mit dem Bore oder Mascaret; es war dies eine nahezu senkrechte Welle von 1 bis 1½ m Höhe, welche bei gewissen Fluten besonders heftig auftrat, sich mit großer Geschwindigkeit stromaufwärts bewegte und namentlich auf Strecken, wo sie auf Hindernisse traf und über geringer Tiefe fortrollte, ihre verderblichen Wirkungen äußerte, während sie in tieferem Wasser sich in

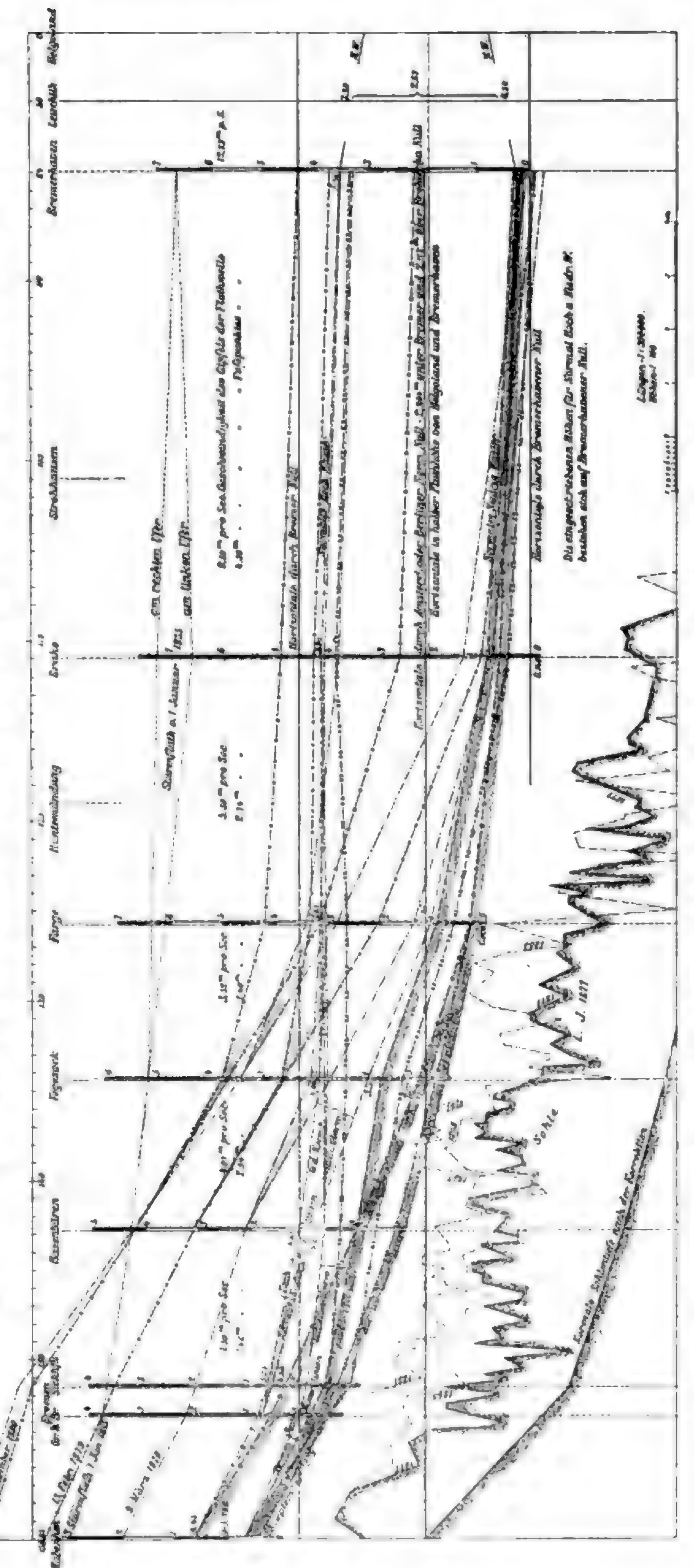
---

*) Ein beträchtliches Schiffahrtshindernis bildete auch eine bei La Mailleraye das Flußbett durchziehende feste, aus Thon und groben Geschieben bestehende Bank (banc des Meules).

eine längere, aber noch höhere Welle verwandelte, die besonders den Ufern schädlich war. Zahlreiche Schiffe fielen dem Bore zum Opfer. Die in den Jahren von 1846 bis 1866 ausgeführten Regulierungsarbeiten bestanden in der Hauptsache in der Ausführung von Dämmen auf der ungefähr 45 km langen Strecke von La Mailleraye bis Berville, um das Bett einzuengen, und in Baggerungen unterhalb La Mailleraye, um durch die banc des Meules eine Fahrrinne durchzubrechen. Durch diese Arbeiten war in Kürze erreicht worden, daß die vorhanden gewesenen Untiefen sich auf 3 bis 4 m vertieft hatten, und die Seine war für die moderne Schiffahrt eröffnet. Diese glänzenden Erfolge kosteten nur 14 Millionen Frank, und dabei hatten sich noch überraschend schnell wertvolle Verlandungen gebildet, bis zum Jahre 1867 bereits 8600 ha, deren Wert sich auf 17 Millionen Frank berechnete; die Baukosten waren also dadurch mehr als gedeckt. Die aus Kalkbruchsteinen aufgeführten Dämme waren aber in ihren oberen Teilen durch den Angriff des Wassers in wenigen Jahren fast vollständig zerstört und mußten in den Jahren 1878—1891 wiederhergestellt und durch Betonverkleidungen und Schutzbauten aus Pfählen und Bohlen befestigt werden, wodurch die Kosten der ersten Anlage beinahe verdoppelt wurden. Im ganzen haben die Verbesserungsarbeiten im Flutgebiet der Seine bis zum Jahre 1892 30440000 Frank gekostet, von denen 21320000 Frank durch den Wert der entstandenen Verlandungen gedeckt sind, so daß nur der kleine nicht gedeckte Betrag von 9120000 Frank übrig bleibt. Hierzu kommen noch 19440000 Frank, die seit 1875 für die Verbesserung und Vergrößerung des Hafens von Rouen aufgewendet worden sind. Auf der Strecke Havre-Rouen, auf der früher Schiffe mit höchstens 200 t Ladung mit Gefahr verkehren konnten und von Havre nach Rouen mindestens 4 Tage brauchten, können jetzt Schiffe mit der zehnfachen Ladung und mit 6,3 m Tiefgang in 8 bis 10 Stunden ohne Gefahr verkehren. Rouen nimmt unter sämtlichen französischen Häfen in Bezug auf den Güterverkehr jetzt den fünften Rang ein.

Die Weser. Im ersten Drittel unseres Jahrhunderts war die Weser zwischen Bremen und Bremerhaven die einzige Verbindung. Bei östlichen Winden sank das Wasser so bedeutend, daß nicht selten 5 bis 6 Wochen lang kein beladenes Leichterfahrzeug nach Bremen gelangen konnte, Dampfschiffe blieben oft tagelang auf dem Sande sitzen. Im Winter mußten zwischen Bremen und Bremerhaven Privatfußboten gesandt werden, wollte man eine Nachricht von dem einen nach dem anderen Orte gelangen lassen. Auf der Oberweser war der Verkehr ebenso traurig; bei niedrigen Wasserständen hörte die Schiffahrt vollständig auf. Die Schiffer hatten sich ihrer Zahl wegen auch hier zu einer Reihenfahrt verbunden; da in der Regel nur jeder im Jahr einmal an die Reihe kam, so mußte die Fracht so hoch gestellt werden, daß der Schiffer von einer Fahrt mit seiner Familie und seinen Schifferknechten das ganze Jahr zu leben vermochte. Trotz der seit Mitte des Jahrhunderts vom Staate Bremen auf der Strecke Bremen-Vegesack betriebenen Regulierungsarbeiten, denen sich seit 1864 die von den anderen beiden Uferstaaten Preußen (vormals Hannover) und Oldenburg nach gemeinschaftlichem Plane vorgenommene Korrektion der angrenzenden rund 15 km langen Strecke bis Lienen anschloß, und trotz der mit einem durchschnittlichen jährlichen Kostenaufwande von 340000 Mark von diesen drei Staaten betriebenen Baggerungen betrug die Fahrtiefe der Unterweser zwischen Bremen und Bremerhaven Anfang der 70er Jahre doch nicht mehr als 2 Meter. Da eine Einigung der zunächst beteiligten Uferstaaten Preußen, Oldenburg und Bremen zu einer gründlichen Korrektion nicht herbeigeführt werden konnte, wurde vom Bundesrat durch Beschluß vom 15. Februar 1874 eine Reichskommission aus Vertretern der drei Uferstaaten ernannt, mit dem Auftrag, den Zustand des Fahrwassers der Weser von Vegesack abwärts eingehend zu untersuchen und zur Abstellung der vorgefundenen Mängel einen Korrektionsplan aufzustellen und dem Bundesrat zur weiteren Beschlußnahme vorzulegen. Oberbaudirektor L. Franzius in Bremen stellte nach mehrjährigen Vorarbeiten in den Jahren 1879—1881 den Regulierungsentwurf auf und hatte dabei die ganze Unterweser, soweit als die Flut auf ihr wirksam sein konnte, in den Bereich der Korrektion gezogen in der Weise, daß, um allen Interessen des Verkehrs zwischen See- und Binnenland zu genügen, den Schiffen mit 5 m Tiefgang die Fahrt bis Bremen

ermöglicht werden sollte. Durch 7 selbstzeichnende Flutmesser waren während eines vollen Jahres die Fluterscheinungen im Wesergebiete festgestellt worden. Dieser von den Mitkommissaren Geh. Oberbaurat Gercke und Oberdeichgräfe Nienburg gutgeheißene Regulierungsentwurf wurde Ende des Jahres 1881 dem Reichskanzler vorgelegt, konnte aber dessen Zustimmung nicht finden, weil das erstrebte Ziel wesentlich von dem vom Bundesrat ins Auge gefaßten verschieden war. Da bei der Regierung von Preußen wenig Geneigtheit vorhanden war, zu den 30 Millionen Mark betragenden Kosten der Korrektion in größerem Umfange beizutragen, entschloß sich Bremen, für das die Korrektion der Weser eine Lebensfrage war, dieses Unternehmen mit seinen alleinigen Mitteln auszuführen, nachdem die bremische Regierung vorher die preußische Akademie des Bauwesens um ein Gutachten über den Entwurf ersucht hatte und dieses in allen wesentlichen Punkten zustimmend ausgefallen war. Einen Teil des Entwurfs hatte Bremen schon in den Jahren 1883—1886 ausgeführt, und zwar den ganz auf bremischem Gebiet gelegenen Durchstich der „Langen Bucht“ nahe unterhalb Bremen, wodurch eine einen Umweg von 1400 m



437. Längenprofil des Flutgebiets der Weser. Nach Franzius: Neue Hafenanlagen zu Bremen.

verursachende Krümmung beseitigt und eine Vergrößerung der Fahrwassertiefe von 2,75 m auf 3,00 m erreicht worden war. Die größte Schwierigkeit bei Ausführung des ganzen Projekts bot die Aufbringung der Mittel. Diese Frage wurde indes dadurch glücklich gelöst, daß Bremen vom Reiche das Recht erteilt wurde, nach Fertigstellung der Korrektion eine Abgabe von den Ladungen der die korrigierte Wasserstraße benutzenden, aus See nach bremischen Häfen oberhalb Bremerhaven oder von denselben nach See gehenden Schiffen von mindestens 300 cbm Raumgehalt zu erheben. Diese Abgabe wurde in 7 Klassen von 40 Pfennig bis 1.80 Mark für jede aus See einkommende oder nach See ausgehende Tonne abgestuft und so bemessen, daß durch diese Abgaben bei dem zu erwartenden Verkehr in 28 Jahren die Zinsen des Baukapitals bei einem Zinsfuß von $3^1/_2$ % beglichen werden und in 65 Jahren das Kapital mit Zins und Zinseszins getilgt sein soll. Mit Preußen und Oldenburg wurden Verträge abgeschlossen, wodurch Bremen die planmäßige Ausführung der Korrektion auf den Gebieten dieser beiden Staaten gestattet wurde unter der Verpflichtung, die etwa infolge derselben einzelnen Interessenten oder Korporationen erwachsenden Schäden durch entsprechende Neuanlagen oder durch Geldentschädigungen gut zu machen. Im Juli 1887 wurden die Regulierungsarbeiten unter Oberleitung des Oberbaudirektors L. Franzius begonnen, die schädlichen Nebenarme wurden abgedämmt, Leitdämme wurden hergestellt und deren Wirkung durch kräftige Baggerung (rund 28 Millionen cbm) unterstützt. Am Ende des Jahres 1893 war schon das Ziel erreicht, daß Schiffe von 5 m Tiefgang nach Bremen gelangen konnten. Am 20. Oktober 1893 traf das erste große Schiff des Norddeutschen Lloyd, der „Roland“, mit einem Raumgehalt von 2613 Registertonnen und mit 5 m Tiefgang mit voller Ladung in Bremen ein. Die nachteiligen Stromspaltungen sind jetzt alle geschlossen, sanft gekrümmte, meist neugebildete Ufer fassen das Niedrigwasserbett ein, frühere wertlose Wasserflächen sind durch die Ablagerung der gebaggerten Bodenmassen in fruchtbare Landflächen umgewandelt worden. 17 Bagger, 77 Kähne und Schleppdampfer und 10 Bereisungsdampfer waren in Thätigkeit. Diese Fahrzeuge und Geräte sind beinahe alle für die Unterweserkorrektion eigens gebaut worden.

Der Erfolg hat, wie die Akademie des Bauwesens in ihrem Gutachten schon vorausgesagt hatte, die Berechnungen des mit großer Vorsicht und ebenso großer Kühnheit aufgestellten Entwurfes noch übertroffen, und es darf die Unterweserkorrektion den großartigsten Wasserbauten der Neuzeit beigezählt werden. In welch rascher Weise mit dem Fortschreiten der Regulierungsarbeiten der Verkehr in Bremen gewachsen ist, zeigt die nachstehende Zusammenstellung über die von See her eingelaufenen Schiffe:

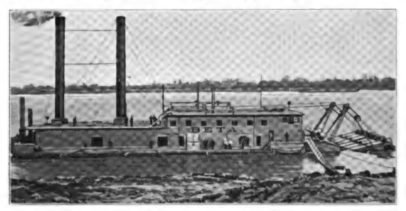
Jahr	Anzahl sämtlicher angekommenen Schiffe	Gesamtraumgehalt der angekommenen Schiffe Reg.-Tonnen	Anzahl der angekommenen Dampfer	Raumgehalt der angekommenen Dampfer Reg.-Tonnen
1887	2 897	1 444 683	1 025	1 087 188
1888	2 665	1 477 999	1 072	1 177 052
1889	2 883	1 682 726	1 248	1 419 876
1890	2 950	1 733 809	1 190	1 468 975
1891	3 552	2 084 214	1 509	1 766 781
1892	3 612	1 996 375	1 609	1 642 619
1893	4 003	2 030 082	1 835	1 697 689
1894	4 178	2 172 075	1 879	1 837 320
1895	4 083	2 183 274	2 003	1 861 159
1896	4 494	2 011 663	2 364	1 688 103
1897	4 391	2 258 988	2 546	1 950 818
1898	4 642	2 464 800	2 317	2 101 656

Trotz der im Jahre 1897 eingetretenen geringen Verminderung in der Zahl der angekommenen Seeschiffe ist der Tonnengehalt gewachsen, eine Erscheinung, die auch in anderen Häfen beobachtet und auf die stetige Vergrößerung der Schiffe zurückzuführen ist. Im Jahre 1890, als die Korrektion der Unterweser zuerst zu wirken begann, betrug der Tonnengehalt der in Bremen (Stadt) angekommenen Schiffe 173 000 t. Er hat sich bis

zum Jahre 1898 auf 848 000 t gesteigert. Im Anschluß an die Unterweserkorrektion wurde 1891 diejenige der Außenweser in Angriff genommen, durch welche eine infolge Stromspaltung vor 30 Jahren entstandene Barre beseitigt werden soll.

Nach Vorführung der Stromkorrektionen im Flutgebiet dürfte der sonstigen umfangreichen und zum Teil selbst gewaltigen Arbeiten Erwähnung zu thun sein, welche zur Verbesserung von Flußläufen zur Ausführung gekommen sind.

Von den Strömen der Vereinigten Staaten ist der Mississippi der Schauplatz einer sehr umfangreichen Thätigkeit der Ingenieure. Durch den Missouri werden ganz außerordentlich große Mengen an Sinkstoffen zugeführt, die sich an den Uferflächen des weiten Thales unterhalb der Missourimündung ansetzen und den starken Abbruch der Ufer erklären. In früheren Zeiten brachen an einer Stelle mitunter ganze Plantagen ab und wurden an anderen Stellen wieder hingeworfen, wodurch der Schiffahrt nicht selten die größten Hindernisse bereitet wurden. Hier konnten nicht die Mittel, welche an anderen Strömen sich als zuverlässig zu deren Verbesserung erwiesen haben, Steindämme und Buhnen, zur Anwendung kommen, sondern hier mußten neue, den



438. Bagger „Beta“ auf dem Mississippi.

Launen des Stromes angepaßte Mittel ersonnen werden. Für die Verbesserung dieses riesigen Stromlaufes von 4200 km Länge, der mit dem Missouri zusammen, nächst dem Amazonenstrom und dem Kongo, der größte Strom der Erde ist, sind bereits 323 400 000 Mark aufgewendet worden. Die Grenze zwischen dem großen und dem kleinen Schiffahrtsverkehr sind die St. Anthony-Wasserfälle zu Minneapolis, etwa 3200 km oberhalb der Mündung. Auf dem oberen Flußlauf bis zur Missourimündung (1145 km) wird die Schiffahrt etwa 4 Monate lang durch die Winterkälte gehemmt. Mächtige Bagger von ungewöhnlicher Leistungsfähigkeit sind in Thätigkeit, um die enormen sich ablagernden Massen im Stromlauf zu beseitigen. Der Riesendampfbagger „Beta“ hat eine stündliche Leistungsfähigkeit von 4500 cbm. Derselbe ist als Saugbagger konstruiert.

Der am schwierigsten zu behandelnde aller deutschen Ströme, die Weichsel, ist in unserer Zeit weitreichenden Umgestaltungen unterzogen worden, die eine kurze Schilderung verdienen. Am Anfange unseres Jahrhunderts besaß die Weichsel eine Mündung in die Ostsee bei Weichselmünde und dieselbe stand durch zwei Arme mit dem Frischen Haff in Verbindung; diese Arme führten den Namen Nogat und Elbinger Weichsel. Die letztere war ein bedeutender Strom und die Hauptverbindung Danzigs mit dem Haff. Durch den Durchbruch bei Neufähr von 1840 änderte sich vollständig die Physiognomie des unteren Stromlaufes. Die Strömung in der Elbinger Weichsel ließ nach, und diese war vor völliger Versandung nicht zu retten. Zur Sommerszeit war es in den 80er

Digitized by Google

Jahren möglich, den Fluß zu passieren, ohne daß man nötig hatte, die Beinkleider höher als bis zum Knie aufzuschlagen. Die Elbinger Weichsel verschwand aus der Liste der Schiffahrtsstraßen. Sie wurde durch den Weichsel-Haff-Kanal ersetzt, eine Anlage, die Ende der 40er Jahre begonnen und 1850 dem Verkehr übergeben wurde. Der Kanal besitzt eine Länge von etwa 20 km. Durch die Dimensionen der Abschlußschleusen war die Leistungsfähigkeit dieses Wasserweges beschränkt. Man ging daher nach der Katastrophe der 80er Jahre daran, die Mündungsverhältnisse der Weichsel durch die Schaffung eines neuen Weges zur See zu verbessern und in Verbindung hiermit die Elbinger Weichsel zu regulieren. Durch Gesetz aus dem Jahre 1888 wurde die Abschließung der Elbinger Weichsel durch einen Deich mit Anschleusen an den rechtsseitigen Durchstichsdeich und an die Strombeiche des großen Marienburger Werders vorgesehen. Diese Arbeiten haben es bewirkt, daß die Elbinger Weichsel wieder für den Verkehr nutzbar geworden ist.

An der alten Völkerstraße, der Donau, die durch ihre Richtung von Westen nach Osten unter den europäischen Strömen eine exceptionelle Stellung einnimmt, sind im

439. Das Eiserne Thor: Grebennafe.

Interesse der Schiffahrt gleichfalls außerordentlich umfangreiche Arbeiten zur Ausführung gekommen. Dieser Strom würde in der Geschichte wohl eine noch bedeutendere Rolle gespielt haben, hätte die Natur denselben nicht mit einer so großen Anzahl von Schiffahrtshindernissen bedacht. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts ging man daran, nach einem einheitlichen Plan die natürlichen Hindernisse aus der Welt zu schaffen. Im Jahre 1830 fand die erste Fahrt eines Dampfschiffes auf der Donau und zwar von Wien nach Budapest statt. Die oberhalb Wiens zwischen Grein und Krems vorhandenen großen Stromschnellen wurden durch die Herstellung eines tiefen Flußkanals umgangen. Unterhalb galt es drei große Hindernisse, und zwar auf der Strecke zwischen Preßburg und Gönyo, bei dem Eisernen Thor und an der Sulinamündung, zu beseitigen. Außerdem waren bei Wien umfangreiche Arbeiten auszuführen, sollte diese Stadt von ihrer Lage an dem wichtigen Strom einen wirklichen Vorteil haben. Für diese Arbeiten wurden 30 Millionen Gulden aufgewandt. Ungarn gebührt das Verdienst, zur Verbesserung der Wasserstraßen eine außerordentliche Regsamkeit entfaltet zu haben. In seinen Händen lag auch die Ausführung der Riesenarbeit am Eisernen Thor. Schon die Römer waren bemüht gewesen, die Schiffahrtshemmnisse am Eisernen Thor zu beseitigen. Die Felsen im Strome selbst zu entfernen war der damaligen Ingenieurtechnik nicht möglich, sie mußte daher zu einem anderen Mittel greifen. Auf dem rechten Donauufer wurde oberhalb des Eisernen Thor-

Digitized by Google

katarakts mit riesenhafter Arbeit ein Kanal in einer Länge von 3,2 km bis dahin gegraben, wo der Katarakt aufhört. Noch weisen Inschriften auf die von den Römern an dieser Flußstrecke vollbrachten Thaten hin. Die Jetztzeit, mit ihren machtvollen und ausgebildeten technischen Hilfsmitteln hat sich daran gewagt, die hier von der Natur dem Verkehr gesetzten Schranken zu beseitigen. Die Arbeit unserer Tage hat sich deshalb nicht wie in der Römerzeit auf das eigentliche Eiserne Thor beschränkt, sondern man hat sich kühn an die Felsbänke Kozla, Dojke und an die Katarakte Jslas und Tachtalia herangewagt, und in den beiden letzteren, 1800 m langen Felsriffen Kanäle eingearbeitet. Die Hauptthindernisse galt es bei der Grebenspitze aus dem Wege zu räumen. Der Grebenberg bildet unterhalb des Kataraktes Tachtalia eine Biegung gegen Osten und sprang hier hoch und mächtig in das Donaubett vor. Vierhundert Meter von dem entgegengesetzten Ufer versank sein steiler, keilförmiger Fuß in den Fluten, um sich unten im Strombett fortzusetzen. Bei mittlerem Wasserstande zeigte sich in der Donau ein abgeplatteter Fels,

440. Die Regulierung des Eisernen Thores: Aushebung des Kanals.

Vrany genannt, der den Fluß auf 220 m einengte. Hier war im Laufe der Jahrtausende ein verderbenbringender Strudel von 50 m Wassertiefe entstanden. Um die Übelstände zu beseitigen, wurde die Grebennase durch Sprengung von 400 000 cbm Gestein abgeschnitten und unmittelbar hinter dem Bergrücken zur Einengung des Strombettes ein 6203 m langer Steindamm gezogen. Unterhalb dieser Hemmnisse galt es eine die Donau bei Orsova durchquerende Felsbank zu beseitigen. Die Schiffahrtshindernisse des alsdann beginnenden eigentlichen Eisernen Thores bestehen in unzähligen, im Flußlauf vorhandenen Klippen, über welche sich die Fluten hinwegstürzen. Durch diese außerordentlich gefährlichen Riffe konnten die Schiffe, von geübten Piloten gelenkt, nur dann hindurch gelangen, wenn ein bestimmter Wasserstand vorhanden war. Diese Hemmnisse konnten nur durch Einschneiden eines Kanals beseitigt werden, welchen die beigefügte Abb. 440 in dem Herstellungsstadium zeigt. Einunddreiviertel Millionen Kubikmeter Fels waren zu beseitigen, davon 700 000 cbm unter Wasser, zu welchem Zwecke besondere Maschinen ersonnen und erbaut werden mußten, eine Aufgabe, die von der Braunschweiger Firma Luther glänzend gelöst wurde. Die Kosten dieses gewaltigen Unternehmens belaufen sich bis jetzt auf 18 600 000 Gulden. Der Leiter der Arbeiten war der Ingenieur Béla von Gonda. Bis jetzt sind die Arbeiten noch nicht zu einem guten Ende geführt, und es wird auch weiterhin noch mancher Anstrengung bedürfen, bis

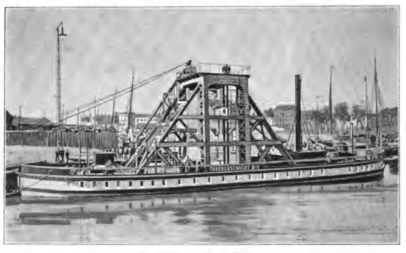
Digitized by Google

die Donau wirklich als eine leistungsfähige Schiffahrtsstraße bezeichnet werden kann, und der Mensch Sieger über die von der Natur bereiteten außergewöhnlichen Hemmungen geworden ist.

Die Regulierungsarbeiten an der Sulinamündung (der mittelsten der 3 Mündungsarme der Donau) wurden von dem Jahre 1856 ab durch eine internationale Kommission unter Aufwendung von 17 Millionen Gulden ausgeführt. Mächtige Molen wurden geschaffen, um die Mündung den Schiffahrtszwecken dienstbar zu machen.

Wenn auch nicht von so gewaltigem Umfang wie in der Donau, so bereiteten doch die Riffe und Stromschnellen unterhalb des Bingerlochs der Rheinschiffahrt mancherlei Schwierigkeiten.

An dem Bingerloch hat jedenfalls zu gewissen Zeiten nur bei Hochwasser eine Schiffahrt stattfinden können, und hierauf ist es wohl zurückzuführen, daß sich auf dem Niederrhein und auf dem Oberrhein eine selbständige Schiffahrt ausbildete. Bereits die Römer scheinen bemüht gewesen zu sein, die Schiffahrtshindernisse des Rheins zu beseitigen.



441. Ansicht eines Taucherschachtes.

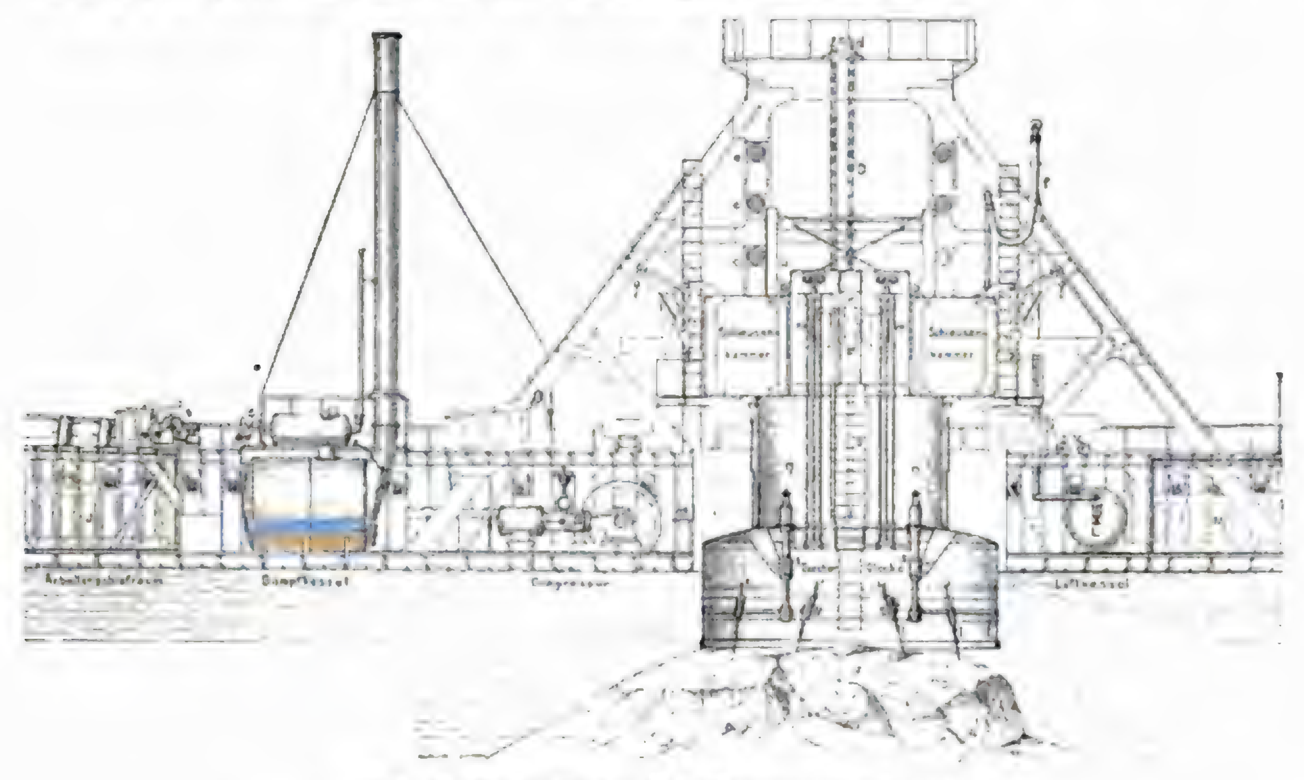
Unter den fränkischen Königen war es besonders Karl der Große, der an dem Bingerloch Arbeiten ausführen ließ. Von den Erzbischöfen ließ Hatto I. diese Arbeiten fortsetzen; seinem Beispiel folgten später die Rheingrafen und im 13. und 14. Jahrhundert wiederum Mainzer Erzbischöfe. Wie wenig ausgedehnt und wirksam jedoch diese Arbeiten waren, geht daraus hervor, daß große Schiffe auch in der Folgezeit noch immer umgeladen werden mußten, und zwar geschah dies teils auf kleinere Fahrzeuge, teils auf Landfuhrwerke. Die Arbeiten am Bingerloch kamen auch in den folgenden Jahrhunderten noch nicht zum Abschluß. Bis heute sind hier die Felssprengungen fortgesetzt worden; mit Hilfe der mächtigen, der modernen Ingenieurtechnik zur Verfügung stehenden Arbeitsmaschinen, wie insbesondere der Taucherschachte, werden in absehbarer Zeit aus dem Rheinbett alle Hindernisse vollständig verschwinden. In dem abgebildeten Längenschnitt durch das Tragschiff und durch die auf einen Felsen gesenkte Taucherglocke bezeichnet:

I Arbeiterschlafraum,
S Dampfwinden,
e e e Leitrollen,
d Kettenscheiben,
D Gelenkketten zur Aufhängung der Taucherglocke,
a lotrechte Schienen,
m m Fahrstühle für die Förderarbeit,

Digitized by Google

n n Förderschächte,
o Einsteigeschacht,
g g Hängesäulen zur Befestigung der Bohrmaschinen,
l l Bohrmaschinen,
f Luftzuführungsleitung,
L Luftkessel,
M Kajütten.

Das Vorangegangene hat erkennen lassen, welch reges Leben in vielen Teilen der Erde auf dem Gebiete der Flußschiffahrt herrscht, und wie in den verschiedensten Ländern die lebhaftesten Anstrengungen zu einer weiteren Hebung dieses wichtigen Zweiges gemacht werden. Diese Erscheinung ist mit Freuden zu begrüßen, da in der That noch außerordentlich viel zu thun bleibt. Dies trifft besonders für Deutschland zu, in welchem Lande zwar, gefördert durch den im Jahre 1869 in Berlin gegründete „Zentralverein für Hebung der deutschen Fluß- und Kanalschiffahrt“ mancherlei Erfolge erzielt sind, auf Jahrzehnte hinaus jedoch noch viele Arbeiten zu bewältigen sind.



442. Taucherschacht der Rheinstrombauverwaltung.
Längenschnitt durch das Tragschiff und die auf einen Felsen gesenkte Taucherglocke.
Nach „Zeitschrift für Bauwesen“.

Die Schwäche der deutschen Wasserläufe beruht in ihrem ungleichmäßigen Wasserstande, an welchem unerfreulichen Zustande die Waldverwüstungen früherer Zeiten die Hauptschuld tragen. Hierdurch ist der beklagenswerte Wechsel zwischen gewaltigen Überschwemmungen und der Austrocknung der Flußläufe im Sommer hervorgerufen worden. Die durch Überschwemmungen verloren gehenden Werte sind gewiß nicht klein, aber noch größer sind zweifellos die Summen, welche durch eine Regulierung mancher Flußläufe infolge von Frachtersparnis, durch die Gewinnung von Triebtriften, Bodenmelioration u. s. w. gewonnen werden könnten. Groß sind die Aufgaben, welche hier zu lösen bleiben, und unter ihnen ist die Wiederaufforstung und die Einschränkung der Waldausrodungen nicht die kleinste. Daneben gilt es Deiche und Teiche anzulegen. Namentlich die Frage, ob Stauweiher in den Gebirgen die Überschwemmungsgefahr abzuwenden vermögen, schließt ein Problem in sich, das noch seiner Lösung harrt.

Digitized by Google

Flußkanalisierungen.

Neben den eigentlichen künstlich gegrabenen Kanälen, auf welche in einem besonderen Abschnitt näher eingegangen werden wird, gewinnen in neuerer Zeit die kanalisierten Flußläufe eine erhöhte Bedeutung. Zu diesem Mittel greift man dann, wenn eine Austiefung des Flußbettes infolge ungenügender Wassermenge nicht zu dem gewünschten Ziele führen würde, d. h. durch Regulierung eines Flusses sich dessen Schiffbarkeit nicht genügend verbessern läßt. Man staut deshalb durch Einbaue, meistens Wehre mit Durchlässen, das Wasser so hoch, wie erforderlich ist, an.

Das Bedürfnis, die Fahrtiefe künstlich zu vergrößern, machte sich in Deutschland bereits im Mittelalter geltend, und um so stärker, als damals die Schiffahrt sich auf ganz kleine Flüsse erstreckte. Im allgemeinen verfuhr man hierbei in der Weise, daß man den Wasserspiegel durch bewegliche Stauwerke hob und den thalwärts gehenden Schiffen durch Freigeben des aufgestauten Wassers eine genügende Wassermenge mitgab. Eine derartige Schiffahrtsweise hat sich seit dem Mittelalter auf der Alster, einem bei Hamburg mündenden Nebenfluß der Elbe erhalten, während die ähnlichen Fahrten auf der Stecknitz (einem kleinen Nebenfluß der Elbe, der bei Lauenburg mündet) durch die Inangriffnahme des Trave-Elbekanals ihr Ende erreicht haben.

Immer wieder muß von der Abneigung der Menschheit gegen jede Neuerung berichtet werden, und stets wiederholte sich dasselbe Schauspiel der Voreingenommenheit und der Furcht, durch Neuerungen schwer geschädigt zu werden. So hatte auch die Einrichtung eines Schiffsverkehrs auf der Weser mit unglaublichen Schwierigkeiten zu kämpfen, namentlich gelang es der Bremer Kaufmannschaft nur sehr schwer, die Menschenkraft beim Schiffsziehen durch Pferdekräfte zu ersetzen. Die Bauern behaupteten, daß die Pferde ihnen ihre Wiesen, Deiche und Felder ruinierten, und die großen Grundbesitzer machten Opposition, da sie glaubten, daß die Ausdehnung des Handels ihnen die Preise verderbe. Erst im Jahre 1824 wurde durch die Weserschiffahrtsakte der Pferdezug legalisiert. Die Beschaffenheit des Fahrwassers verursachte in früherer Zeit ernste Schwierigkeiten, zum Teil war der Flußlauf verwildert, zum Teil durch Felsblöcke gesperrt. Bei Hameln bot das für den Lachsfang eingerichtete Wehr der Schiffahrt große Gefahren. Es kam sehr häufig vor, daß hier bei dem Passieren des Wehres die Schiffe durchbrachen und alsdann die kostbare Ladung ins Wasser fiel. Endlich wurde im Jahre 1734 neben dem Hamelner Wehr eine Schleuse erbaut, nachdem seit dem Jahre 1648 die Erbauung einer solchen in Überlegung gezogen war. Bezeichnenderweise ist auf der zur Erinnerung an dieses Ereignis geschlagenen Denkmünze die Stadt Hameln mit der auf der Insel im Weserstrom erbauten Schleuse, wie auch mit der Fiehre oder dem Loch, in welchem ein herabstürzendes Fahrzeug durch die gewaltsame Flut verunglückt, dargestellt. Durch die Schleuse neben dem Wehr erhielt die Weser gleichsam den Charakter eines kanalisierten Flußlaufes.

Zu den in neuester Zeit in Deutschland kanalisierten Flußläufen gehören die Mosel, die Fulda, der Main und neuerdings die Oder. Die kanalisierte Strecke des Mains von seiner Mündung bis Frankfurt a. M. wurde am 16. Oktober 1886 dem Verkehr übergeben. Die durchschnittliche Wassertiefe beträgt 2 m und ist ausreichend, um den auf dem Rhein verkehrenden Schiffen bis über 1000 t Tragfähigkeit die Fahrt bis Frankfurt zu ermöglichen. Der Mainverkehr hat sich seit Eröffnung der kanalisierten Flußstrecke ganz außerordentlich stark gehoben. Im Jahre 1897 ist zwischen Hessen und Preußen ein Vertrag über die Fortsetzung der Kanalisierung des Mains abgeschlossen worden, und die Hoffnung besteht, daß sich dieselbe allmählich immer weiter den Main hinauf erstrecken wird. — Im Jahre 1897 wurde nach jahrelanger mühevoller Arbeit der Großschiffahrtsweg von Breslau seiner Bestimmung übergeben. Durch zweckmäßige Regulierungsarbeiten und kluge Ausnutzung der Wassermengen ist es gelungen, die Oder bis nahezu in das Gebiet des industriereichen Montanbezirkes Oberschlesiens zu einem nützlichen Verkehrswege umzugestalten. Von Kosel bis unterhalb Oppeln ist die Oder in einer Länge von 80 km kanalisiert. Die Überführung der Eisenbahngüter auf die Wasserstraße, d. h. der

sogenannte Umschlagsverkehr findet unterhalb Kosel statt, woselbst eine im Interesse der ersten Eisengießerei Preußens unter Friedrich dem Großen erbaute Wasserstraße mündet. Die Fertigstellung des Umgehungskanals bei Breslau, der sogenannte Großschiffahrtsweg, bildete den Schlußstein des Werkes, für welches $21\frac{1}{2}$ Millionen Mark bewilligt waren. — Die in den Jahren 1890—1899 ausgeführte Kanalisierung der Fulda hat 3785250 Mark beansprucht. Gegenwärtig steht das Projekt der Kanalisierung der Weser von Bremen bis Hameln auf der Tagesordnung. Die Kosten sind zu rund $62\frac{1}{2}$ Millionen Mark veranschlagt.

In Böhmen ist zur Zeit die Kanalisierung der Moldau von Prag bis Melnik in der Ausführung begriffen. Die Schiffbarmachung der Moldau ist ein seit einem langen Zeitraum auf der Tagesordnung der gesetzgebenden Körperschaften Böhmens stehender Gegenstand gewesen, der endlich in unseren Tagen der Verwirklichung entgegengeführt wird.

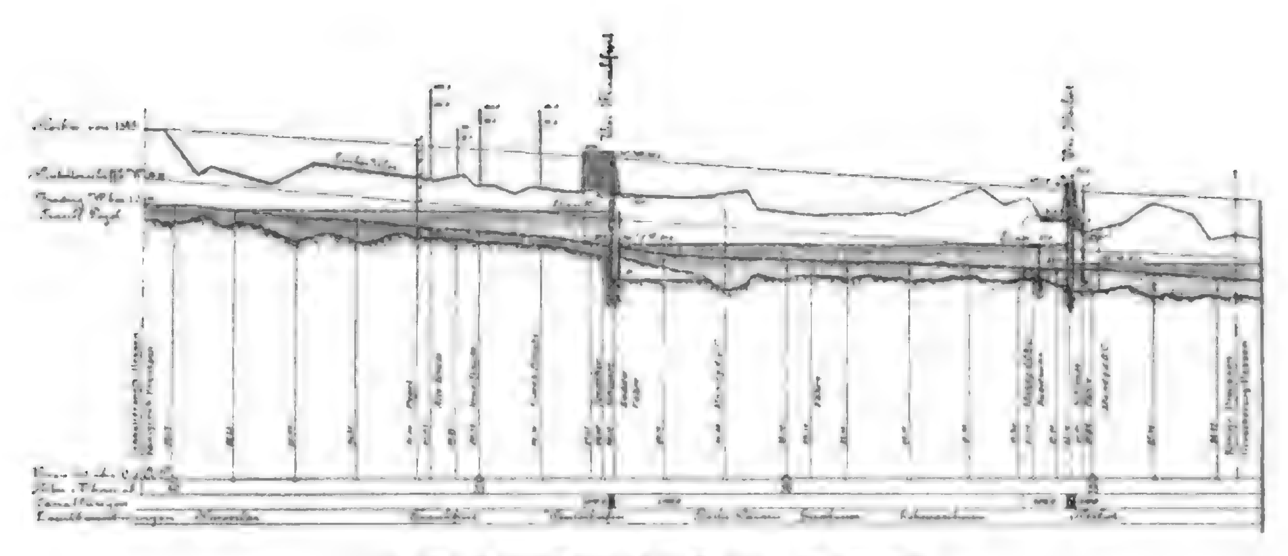
Schon in den Jahren 1578—1605 spielte die Regulierung der Moldau von Melnik bis Budweis eine große Rolle. Die Moldau wurde schon in den Zeiten des Königs Johann von Luxemburg als „königliche Straße" erklärt, auf welcher durch Majestätsbriefe Kaiser Karls IV. und des Königs Ferdinand I. die freie, ungehinderte Schiffahrt strengstens gewahrt wurde. Der genannte Kaiser faßte bereits die Verbindung der Moldau mit der Donau ins Auge, und dieses Unternehmen wurde thatsächlich durch das mächtige Geschlecht der Rosenberg in Angriff genommen, mußte jedoch infolge der Unzulänglichkeit der damaligen Technik wieder aufgegeben werden. Zahlreich waren die in der Zeit von 1619—1634 auftauchenden Projekte der Schiffbarmachung der Moldau; trotzdem die ausgezeichnetsten damaligen Hydrotekten eine Lösung anstrebten, kam die Sache nicht weiter. In unserem Jahrhundert hemmte die Entstehung und der Aufschwung der Eisenbahnen während längerer Zeit die Entwickelung der Wasserstraßen in Böhmen. Erst die Erkenntnis von dem großen Werte der Wasserwege, auch bei dem Vorhandensein von Eisenbahnen und von der gegenseitigen Ergänzung dieser beiden Verkehrsvermittler konnte die Frage einem endlichen Schluß entgegenführen. Es wird voraussichtlich nicht mehr allzu lange dauern, bis auch die Stadt des heiligen Nepomuk mit modernen Hafenanlagen ausgestattet ist.

Über die Technik der Flußkanalisierung ist das Folgende anzuführen.

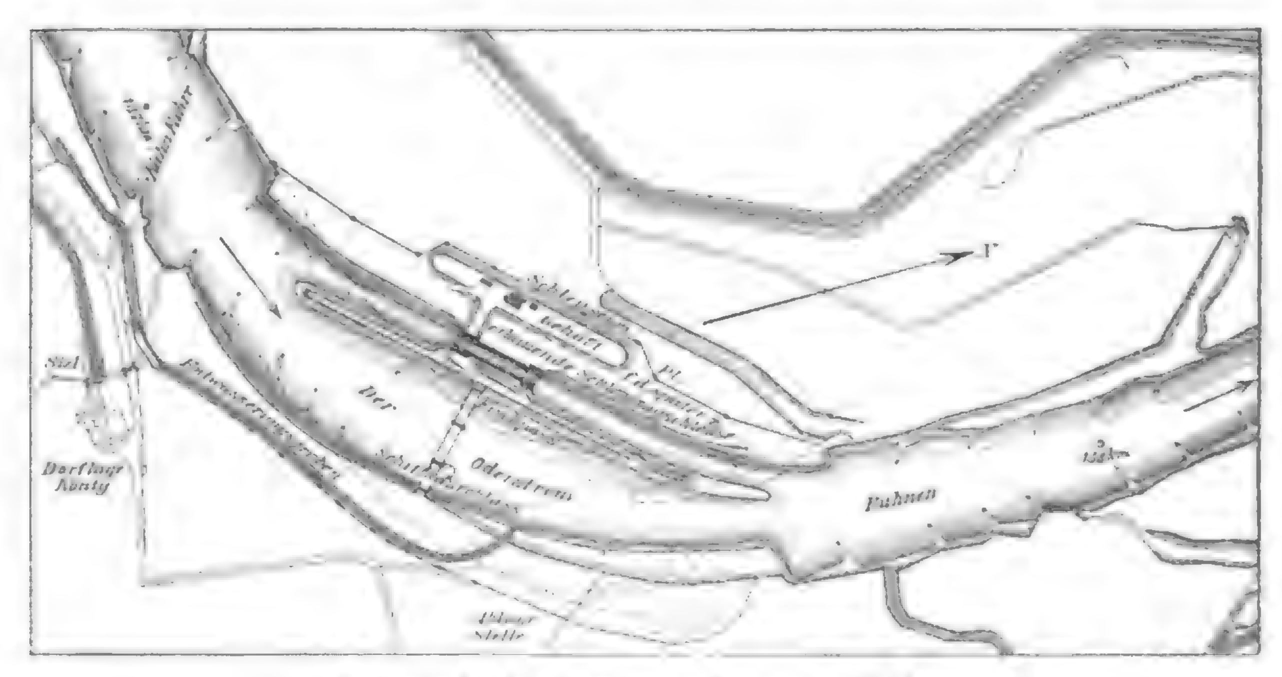
Bei der Kanalisierung wird der Fluß, wie ein Schiffahrtskanal, in Einzelstrecken, Haltungen genannt, zerlegt und der Wasserspiegel, bis die geforderte Fahrtiefe erreicht ist, durch Stauwerke gehoben. Im allgemeinen eignet sich demgemäß nur ein Fluß mit hohen Ufern zur Kanalisierung. Die Höhe des Aufstaus der einzelnen Haltungen und die örtliche Lage der dazu nötigen Bauwerke ist so zu wählen, daß man nur das unumgänglich Notwendige an den Wasserverhältnissen des Flusses ändert, um wirkliche oder vermeintliche Benachteiligungen der Anwohner und etwa daraus entstehende Entschädigungsansprüche thunlichst von vornherein zu vermeiden. Vor allem muß man stets darauf bedacht sein, die Nebenflüsse und Entwässerungsgräben im Unterwasser einmünden zu lassen, denn es ist nicht zulässig, die zur Entwässerung nötige Vorflut zu vermindern oder auch nur den Grundwasserstand so zu heben, daß ein schädigender Einfluß sich geltend machen kann. Auch sind die innerhalb des Stromgebietes bestehenden Mühlen und sonstigen industriellen Anlagen, die durch Wasserkraft betrieben werden, nicht zu vergessen. Die Bauwerke dürfen nicht in durchlässigem Boden liegen, damit das aufgestaute Wasser nicht seitlich entweichen kann.

Von der sich aus allen diesen Rücksichten ergebenden Lage und Höhe des Aufstaus hängt bei dem unabänderlich gegebenen Gefälle des Flusses die Länge der Haltungen ab. Auf jeden Fall muß aber die Entfernung zweier Bauwerke so bemessen sein, daß mit Sicherheit die geforderte geringste Fahrtiefe hergestellt werden kann. Im allgemeinen wird man im Interesse der Schiffahrt langen Haltungen und dadurch bedingten großen Stauhöhen den Vorzug geben.

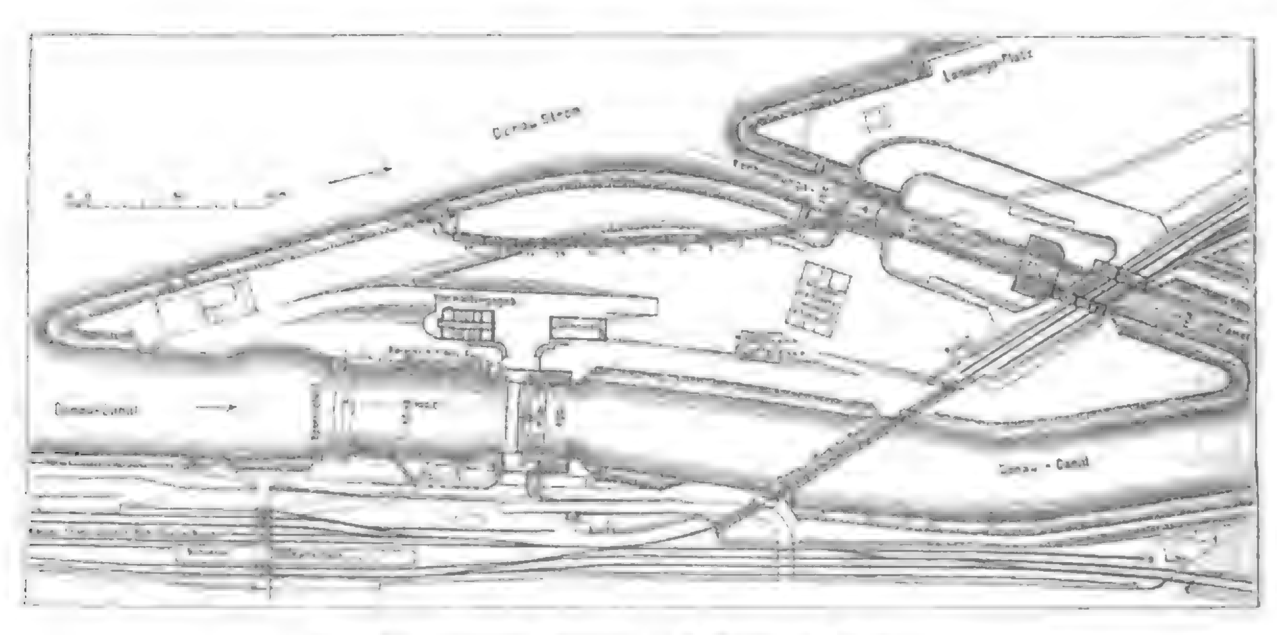
Sollten sich die Anforderungen der Schiffahrt mit den anderen in Frage stehenden Interessen nicht vereinigen lassen, so muß man, wenn möglich, durch Ankauf oder Entschädigung die hindernden Einsprüche zu beseitigen suchen, vorausgesetzt, daß die hierdurch erzielten Vorteile den Geldaufwand wirtschaftlich gerechtfertigt erscheinen lassen. Oft werden auch besondere Einrichtungen und Bauwerke begründeten Beschwerden Abhilfe schaffen. Hierzu gehören künstliche Wasserhebewerke oder Seitenkanäle, die zu tief gelegene Ufer nach geeigneteren Stellen hin entwässern. Ebenso zählen hierher die Ein-



443. Die Kanalisierung des Mains. Längenprofil.



444. Staustufe bei Konty (Oder). Nach „Zeitschrift für Bauwesen".

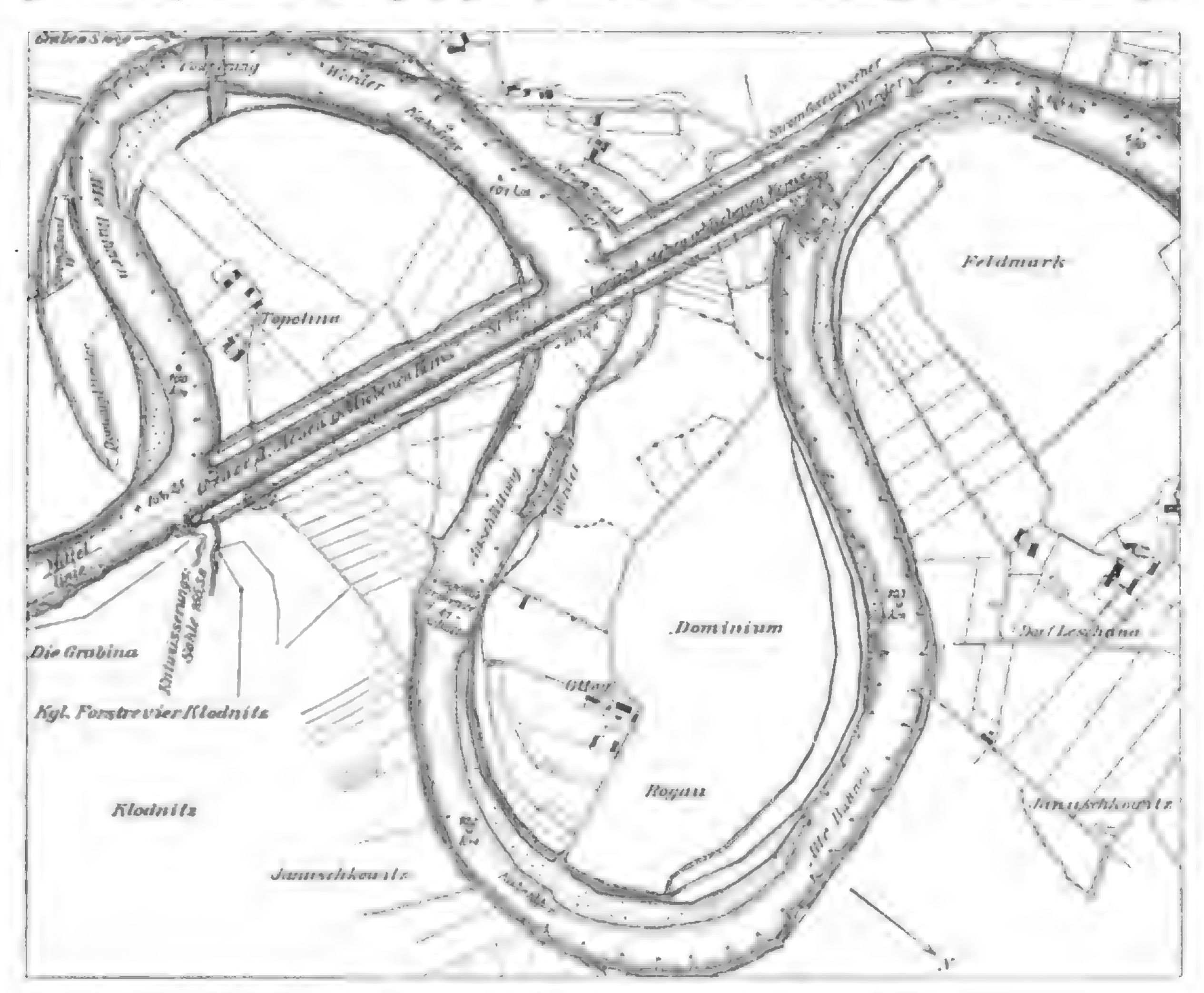


445. Lageplan der Schleuse am Nußdorfer Spitz (Donau).
Nach „Centralblatt der Bauverwaltung".

Digitized by Google

richtungen, die den Ansprüchen der Fischerei ihr Recht werden lassen und die weiterhin besonders beschrieben sind.

Alle diese Fragen sind im Einzelfalle zu prüfen, und danach ist der Entwurf so zu gestalten, daß sich widerstreitende Ansprüche möglichst ausgleichen. Um für das allgemeine Wohl einen größeren Vorteil zu erreichen, muß jeder auf den Teil seiner Forderungen, welcher für andere zu schweren Benachteiligungen und Belästigungen führen würde, verzichten. Bei der Anlage einzelner Bauwerke wird man, wie bei allen Bauten, die dem öffentlichen Verkehr dienen, gleich bei dem ersten Entwurf sorgen müssen, daß eine Verbesserung und Vergrößerung ausführbar bleiben, und solche nicht etwa durch eine übel angewandte Sparsamkeit unmöglich gemacht werden. Die Ausführungen und Anordnungen



416. Lageplan des Durchstiches von Jannschkowitz.
Nach „Zeitschrift für Bauwesen".

hängen im Einzelfalle von örtlichen Umständen, von den Ansprüchen und Eigenarten des zu bewältigenden Verkehrs und nicht zum wenigsten von den verfügbaren Mitteln ab.

So zeigt denn als Folge dieser verschieden wirkenden Einflüsse jeder ausgeführte Fall vor dem anderen eine sehr große Verschiedenheit. Die Stauhöhen wechseln von wenigen Dezimetern in den Flüssen der holländischen Tiefebene bis zu solchen von über 4 m, die in der kanalisierten Seine vorkommen. Im allgemeinen werden die zulässigen Stauhöhen vom Meer aus landeinwärts zunehmen, da aber das Gefälle der Flüsse ebenfalls und zwar in stärkerem Maße wächst, wird sich dies nicht in einer Verlängerung der Haltungen äußern können. Je weiter aufwärts ein Fluß kanalisiert ist, um so mehr werden sich die Stauwerke nähern, bis endlich die Kosten derselben so groß werden, daß der Ausbau zu einer Schiffahrtsstraße nicht mehr mit Nutzen erfolgen kann.

Jede einzelne Staustufe besteht aus zwei Bauwerken, dem Wehr und einem Hebewerke, das den Schiffen die Überwindung des an dieser Stelle zusammengefaßten Ge-

fälles möglich macht. Für Flußkanalisierungen sind in allen Fällen Kammerschleusen als Schiffshebewerk ausgeführt worden. Die Einzelheiten über die Anlage und Bauausführung derselben werden an anderer Stelle beschrieben. Es ist deshalb nur nötig, ihre Anlage im Zusammenhang mit dem Wehre zu beschreiben. Die Schleusen liegen in manchen Fällen dicht neben dem Wehr im eigentlichen Flußbett. Sie sind dann nur durch die eine Seiteneinfassung der Kammer und deren Verlängerung stromauf und stromab vom Flusse getrennt. Die Schleuse selbst ist meist allseitig ummauert, während die sich anschließenden Verlängerungen der flußseitigen Kammerumfassung die Bauweise besonders gut ausgeführter Parallelwerke zeigen. Eine solche Anlage bietet den Vorteil der bequemeren Bedienung und Überwachung beider Bauwerke. Sie vermindert ferner die Kosten dadurch, daß man gemauerte Teile der Schleuse zugleich als Uferpfeiler des Wehres benutzen kann. Leider ist dabei der Nachteil nicht zu vermeiden, daß bei Hochwasser eine Verengung des Flußprofiles stattfindet, die ihrerseits einen gewissen Aufstau hervorruft. Außerdem findet leicht eine Beschädigung der Schleuseneinrichtungen statt, wenn man nicht das Oberthor und die Umfassung hochwasserfrei anlegt, so daß nur Stauwasser vom Unterthor her eindringen kann, eine Durchströmung aber vermieden wird.

Macht sich an einem zu kanalisierenden Flusse die Anlage von Durchstichen nötig, so legt man in diese Strecke die Bauwerke, und zwar im Interesse einer billigen Ausführung der Gründungsarbeiten und auch, um die etwa schon bestehende Schiffahrt nicht durch Abdämmungen zu stören. Es ist dies zum Teil bei der Kanalisierung der oberen Oder geschehen. Aus denselben Gründen empfiehlt es sich oftmals, die beiden Bauwerke räumlich auseinander zu legen, wobei die Schleuse in einen natürlichen oder künstlichen Nebenarm angeordnet wird. Beispiele für diese Art sind die Stauanlagen am Nußdorfer Spitz bei Wien; auch an der Fulda ist die Schleuse bei Münden auf einer durch Fluß und Mühlgraben gebildeten Insel angelegt.

Die Länge der Nebenarme oder der Trennungsbauten ist so zu wählen, daß Ein- und Ausfahrt möglichst weit von dem Wehr entfernt liegen, um von den Einflüssen, die dieses auf die Wasserbewegung im Flusse ausübt, möglichst wenig betroffen zu werden. Es ist auch empfehlenswert, die an die Schleuse sich anschließenden Teile der Kanäle oder natürlichen Arme gerade anzulegen oder auszuwählen, damit bei sich steigerndem Verkehr ein weiteres Schleusenhaupt eingebaut werden kann, so daß ein ganzer Schleppzug in der Kammer Platz hat. Diese Vorsicht ist sowohl bei der Kanalisierung des Mains als auch an der oberen Oder angewendet worden. Im ersteren Falle entstehen dadurch Kammerlängen von 255, im letzteren von 135 m. Am Main bewährte sich diese Vorsicht schon sehr bald, da nach kurzem Bestehen der Kanalisierung der Verkehr sich so hob, daß es unmöglich war, ihn durch die kurzen Schleusen zu bewältigen.

Für die Stauanlagen der kanalisierten Flüsse kommen bei Neubauten nur sehr selten die festen Wehre zur Anwendung. Ausnahmsweise kann man, um an Kosten zu sparen, bestehende Anlagen benutzen. So ist dies an der kanalisierten Lahn geschehen. Auch bei Münden an der Fulda ist als Wehr für die erste Staustufe eine bestehende feste Stauanlage angewendet. Die festen Wehre haben aber den Nachteil, daß sie zwar eine Zeitlang die Wassertiefe vermehren können, allmählich verschlechtert sich dieselbe aber wieder durch Ablagerungen von Sinkstoffen in dem ruhiger fließenden Stauwasser, wenn nicht stets umfängliche Räumungsarbeiten vorgenommen werden. Letztere sind unnötig, wenn man dem Wehre eine Bauart gibt, die dem Hochwasser freien Durchfluß gestattet, so daß etwaige im Staugebiet abgelagerte Kies- und Sandbänke jedesmal wieder weggespült werden. Die festen Wehre stellen ferner bei nur einigermaßen bedeutender Stauhöhe, da sie auch bei Hochwasser ihre Wirkung äußern, stets eine beträchtliche Verschlechterung der Wasserverhältnisse her. Dann können sie auch beim Eintritte ausreichender Wasserstände keine freie Schiffahrt auf dem Flusse ermöglichen. Es ist aber stets wünschenswert, in solchen Zeiten den Verkehr nicht durch die Schleuse zu leiten, sondern frei im Flusse sich bewegen zu lassen, besonders dann, wenn die beladenen Fahrzeuge meist zu Thal fahren.

Aber nicht nur unter Umständen, die einen ganz freien Schiffahrtsverkehr gestatten, kann die Schleuse außer Benutzung treten, sondern auch schon bei geringeren Wasserständen. Man baut deshalb das Wehr mitunter in zwei Teile, wovon der eine geschlossen werden kann, während der andere den Schiffen noch eine freie Durchfahrt gewährt. Derartige Einrichtungen heißen Schiffsdurchlässe. Sie können auch eine zeitweilige Entlastung der Schleuse herbeiführen, indem die thalwärtsfahrenden Schiffe bei hinreichendem Wasservorrat frei hindurchfahren, so daß die ganze Zeit den bergwärtsfahrenden für das Durchschleusen zur Verfügung steht. Auf diese Weise werden die starkbenutzten Schleusen an der Spree in Berlin und Charlottenburg entlastet. Die Schiffsdurchlässe unterscheiden sich in ihrer Bauart meist nicht von dem Wehr, nur liegt ihre Sohle tiefer als die Krone der eigentlichen Wehrkonstruktion. Die Breite des Schiffsdurchlasses hängt von den bestehenden oder zu erwartenden Abmessungen der durchfahrenden Schiffe ab. Außerdem muß auf jeden Fall darauf Rücksicht genommen werden, daß in ihm die Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers sich nicht zu sehr vergrößert, damit nicht hierdurch die Schiffahrt zu beschwerlich und zu gefahrbringend wird.

Für die Kanalisierung der Flüsse sind nach den obenerwähnten Gesichtspunkten also nur die beweglichen Wehre empfehlenswert. Schon seit alter Zeit baute man solche als Floßschleusen oder Eisdurchlässe in den verschiedenen Stauanlagen, und heute noch werden in den Gegenden, wo auf kleineren Flüssen nur die Flößerei betrieben wird, die alten Vorbilder, entsprechend verbessert, ausgeführt. Man kann die beweglichen Wehre als feste ansehen, auf die zur zeitweisen Erhöhung des Staues bewegliche Teile aufsetzbar sind. Daher trifft man bei ihnen alle Bestandteile des festen Wehres wieder an. Den Fluß durchzieht seiner ganzen Breite nach ein wohlgefügtes und besonders gegen Unterspülung gesichertes Bauwerk, der Wehrkörper. Die höchste Stelle desselben, der Fachbaum oder die Krone, ist besonders sorgfältig hergestellt und gesichert. Sie liegt meist in der Höhe der Flußsohle, um bei Hochwasser jeden Aufstau zu vermeiden und um den Schiffen bei freiem Strome die Bergfahrt nicht zu erschweren. Unter Umständen kann man sie aber auch höher legen und den beweglichen Teil niedriger und daher billiger ausführen; so liegt die Krone bei den Wehren der kanalisierten Saar teilweise 1,5 m über der Flußsohle.

Die Krone teilt den Wehrkörper in zwei Teile; flußaufwärts liegt der Vorboden, flußabwärts der Abfallboden. Letzterer muß wegen der zeitweise auf ihm herrschenden starken Strömung sehr sorgfältig ausgeführt werden. An ihn schließt sich weiter flußabwärts das Sturzbett an; dieses dehnt sich so weit aus, als die Sohle gegen die Angriffe der durch das Wehr hervorgerufenen starken Strömung zu schützen ist. Bei mehrteiligen Wehranlagen bedürfen die Teile, welche, wie der Schiffsdurchlaß, länger offen gehalten werden, eines besonders festen und ausgedehnten Sturzbettes, weil in ihnen sich eine stärkere Strömung entwickeln muß. Die Ufer sind beiderseitig bis zur Hochwassergrenze zu sichern. Meist geschieht dieses durch Steinpfeiler. Auch den festen Wehrkörper baut man bei Flußkanalisierungen aus Mauerwerk und Beton und verwendet Holz nur zu den umschließenden Spundwänden, im Gegensatze zu den vorwiegend in Holz ausgeführten Anlagen der kleineren Floßschleusen.

Der feste Teil des Wehres dient dem beweglichen als Unterlage. Dieser besteht aus der eigentlichen Stauwand und den Stützeinrichtungen für dieselbe. Die Stauwand ist aus Holz oder Eisen gefertigt und setzt sich aus einzelnen Stücken zusammen, die sich von Hand- oder durch leichte Hebevorrichtungen auch bei einseitigem Überdruck bewegen lassen. Die Stützung der einzelnen Bestandteile der Stauwand erfolgt je nach der Bauart des Wehres gegen senkrechte oder wagerechte Balken, deren Umfallen oder Verbiegen durch Verankerung und Versteifung gehindert wird. Sie sind entweder auf dem Wehrrücken niederlegbar, oder man zieht sie unter einer festen Bedienungsbrücke auf. Die Verbindung der Stauwand mit dem Stützkörper ist entweder lose, so daß man sie bei Freigabe des Wehres ganz abhebt und für sich aufbewahrt, oder fest, wobei sie mit niedergelegt oder aufgezogen werden muß.

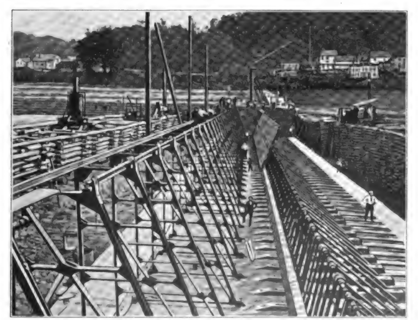
Die wichtigste Forderung, die an ein brauchbares bewegliches Wehr gestellt werden muß, ist zunächst die, daß es bei Hochwasser und Eisgang die notwendige Durchflußöffnung schnell, sicher und vollständig freigibt. Alle festen Teile müssen daher so angeordnet sein, daß sie eine Verengung des Querprofils in keinem nennenswerten Umfang herbeiführen. Vor allem muß eine feste Überbrückung, wenn sie zur Wehrkonstruktion gehört, stets über dem höchsten Hochwasserstand liegen. Auch darf sie in keinem Falle der freien Schiffahrt Erschwerungen auferlegen. Dieselben Anforderungen sind in Bezug auf alle Teile des Wehres zu stellen, die an dieser Brücke befestigt sind und hochgezogen werden können. Hinter den beweglichen Teilen dürfen im aufgerichteten Zustande sich die Ablagerungen von Schlamm und Sand nicht so häufen oder festsetzen, daß im entscheidenden Augenblicke eine gefährliche Verzögerung der Freigabe verursacht werden kann. Die auf dem Boden umlegbaren Teile des Wehres dürfen nicht über die feste Wehrkrone hervorragen, damit sie bei umgelegtem Wehre der Schiffahrt nicht hinderlich sind, und damit Eisgang und etwa am Boden rollende feste Körper sie nicht beschädigen. Ihre einzelnen Teile müssen ferner im niedergelegten Zustande so liegen, daß sich während des Hochwassers auf oder zwischen ihnen keine erheblichen Schlamm- oder Sandablagerungen bilden, da sonst die zum Aufhub nötige Kraft so groß wird, als daß sie noch von leichten Winden geleistet werden kann.

Außer den Anforderungen, die sich auf das Wehr hinsichtlich seiner Beweglichkeit beziehen, sind noch andere im Schiffahrtsinteresse zu stellen. Hier soll nämlich das Stauwerk einen festen und möglichst dichten Verschluß gewähren, denn in den Sommermonaten ist die Wassermenge mancher Flüsse so gering, daß jeder andere Abfluß als die unbedingt zum Durchschleusen nötige Wassermenge und der Ersatz der Verdunstungsverluste in den einzelnen Haltungen schon einen ungünstigen Einfluß für die Schiffahrt hervorrufen kann. Je dichter also eine Wehrkonstruktion schließt, und je einfacher und daher billiger und sicherer ihre Anlage und Bedienung sind, um so besser eignet sie sich für die Zwecke der Flußkanalisierung.

Die gebräuchlichste Art beweglicher Wehre ist das Nadelwehr. Die Abb. 447 u. 448 veranschaulichen ein solches Wehr. In diesem Falle ist hinter dem Nadelwehr noch ein Klappenwehr angeordnet. Die Abbildungen zeigen die Anlagen in dem Baustadium, weshalb noch kein Wasser vorhanden ist. Die Stauwand des Nadelwehres besteht aus dicht nebeneinander liegenden Hölzern von rechteckigem Querschnitt und ausreichender Länge und Festigkeit. Diese, Nadeln genannt, stützen sich mit ihrem unteren Ende gegen einen auf der Flußsohle im festgegründeten Wehrboden befindlichen Vorsprung, mit dem oberen gegen den sogenannten Holm oder die Nadellehne, einem quer über den Fluß gehenden Balken. Die Stütze des Holmes bilden eiserne Böcke, die um eine wagerechte Achse auf den Wehrkörper niederlegbar sind. Über sie wird eine Brücke gelegt, um die Bedienung des Wehres zu ermöglichen. Der Holm, dessen Material ebenfalls Eisen ist, besteht aus einzelnen Teilen, die so lang sind, wie die Entfernung der Böcke von einander.

Die Freigabe der Öffnung beginnt damit, daß man den Nadeln entweder die untere oder obere Stütze entzieht. Die erstere Art findet an den Wehren der oberen Oder Anwendung. Ein oder zwei geübte Arbeiter heben jede Nadel einzeln mit geeigneten Hebewerkzeugen so hoch, daß sie ihre Stütze gegen die Wehrkrone verliert. Das gänzliche Abschwimmen wird durch einen Haken, der sich um den Holm legt, verhindert. Erst nachdem die ganze Stauwand ausgehoben ist, findet die Bergung der Nadeln statt. Oder man hat auch die einzelnen Teile des Holms um eine senkrechte Achse am Ständer beweglich gemacht. Die Drehung wird durch Vorschieben einer Art Riegel gewöhnlich verhindert. Naht Gefahr, so löst man diesen aus, und alle Nadeln zwischen zwei Ständern sind mit einem Mal beseitigt. Damit sie nicht verloren gehen, sind sie untereinander mittels einer Kette zusammengeschlossen. Das Auffangen dieser Bündel ist dann leichter zu bewerkstelligen als das der einzelnen Nadeln. Nach Beseitigung der Stauwand legt man, von einem Ufer aus anfangend, die Böcke und mit ihnen die darüber führende Bedienungsbrücke auf die Flußsohle nieder.

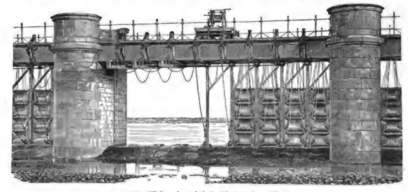
447. Nadelwehr, mit dahinter angeordnetem Klappenwehr, geöffnet.



448. Nadelwehr, mit dahinter liegendem Klappenwehr, in der Schließung begriffen.

Digitized by Google

Die Wiederaufrichtung des Wehres geschieht durch Heraufziehen der Böcke, Wiederfeststellen derselben und der Bedienungsbrücke und Aufbringen der Nadeln. Letzteres braucht nicht mit einem Mal zu geschehen, sondern man kann, um die Stauhöhe nicht größer werden zu lassen, als unbedingt erforderlich ist, Öffnungen in der Wand freilassen, die bei fallendem Wasser allmählich geschlossen werden. Das Aufbringen der Nadeln ist mit Schwierigkeiten verbunden und wegen der heftigen Gewalt des strömenden Wassers nicht gefahrlos. Die Nadeln werden vorwärts in das Oberwasser gestoßen und schlagen dann, von der Strömung ergriffen, um. Fassen sie dabei den Vorsprung der Wehrkrone, so stehen sie fest. Da sie in den meisten Fällen nicht nahe genug bei einander liegen, muß nachträglich ein dichterer Verschluß angestrebt werden. Man hat deshalb den Querschnitt der Nadeln so geformt, daß sie sich selbstthätig aneinander pressen sollen, oder künstliche Dichtungen aus Gummi oder Leder angewendet, aber beides nicht mit zufriedenstellendem Erfolge. Man wendet auch hebelartige Werkzeuge an, die es trotz des herrschenden bedeutenden Wasserdrucks ermöglichen, die Nadeln aneinander zu schieben. Die dann noch verbleibenden kleineren Öffnungen sind besonders zu dichten.



449. Wehranlage bei Pretzien an der Elbe.

Die Undichtigkeit der Nadelwehre, die bei den wasserarmen französischen Flüssen besonders ins Gewicht fällt, war bald Veranlassung, die Stauwand aus anderen Bestandteilen zu bilden. Vielfach war auch die Stauhöhe so groß, daß man den Nadeln zu ungefüge Abmessungen hätte geben müssen, wodurch ihre Handhabung beim Einsetzen und Freigeben zu sehr erschwert gewesen wäre. Etwa 3 m Stauhöhe soll man mit Nadelwehren nicht überschreiten. Man ersetzte deshalb die Nadeln durch Schützentafeln, die durch eine auf der Bedienungsbrücke fahrbare Winde gehoben werden.

Einen besonders dichten Verschluß geben die Jalousiewehre. Bei ihnen besteht die Stauwand aus aufrollbaren, hölzernen oder eisernen Körpern, die in der Art der Fensterrollläden hergestellt sind. Auch sie werden mittels fahrbarer Winden von der Bedienungsbrücke aus in die Höhe gezogen. Solche Jalousien werden auch zur Dichtung von Nadelwehren benutzt, indem man sie noch über die Nadelwand legt. Hierdurch wird eine große Dichtigkeit erzielt; die Einrichtung ist aber nur dort statthaft, wo der Fluß nicht plötzlich eintretende bedeutende Hochwasser führt, und wo keine starken Eisschollen oder sonstige grobe Verunreinigungen die leicht zerbrechlichen Rollläden undicht machen oder zerstören können.

Wenn die Ufer hoch genug sind, baut man auch wohl eine feste Bedienungsbrücke. Diese kostet allerdings bedeutend mehr, man hat aber den Vorteil, das zeitraubende und beschwerliche Niederlegen und Aufrichten der Brücke sich ersparen zu können. Wichtiger noch ist, daß bei solcher Anordnung keine beweglichen Teile des Wehres unter Wasser niedergelegt werden müssen, wo sie leicht versanden und verschlammen können. Auch sind

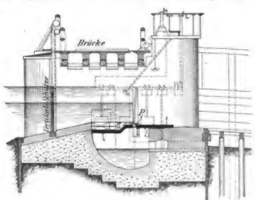
Digitized by Google

etwaige Beschädigungen derselben leicht und ohne erhebliche Störung der Schiffahrt auszubessern. Die Stauwand, die aus Schützentafeln oder Rollläden besteht, wird auch hier mittels fahrbarer Winden gehoben. Sie stützt sich gegen eiserne Ständer, die im Aufhängungspunkte drehbar an der Brücke befestigt sind; meist werden einige zu einem festen Rahmen verbunden. Unten werden sie durch den Wasserdruck gegen einen Vorsprung der Wehrkrone gepreßt. Sollen die Ständer aufgezogen werden, so sind sie gegen den Strom zu bewegen; dies ist bei Flüssen, die viel Eis führen, manchmal mit Schwierigkeiten verbunden. Man baut daher die Ständer so, daß ihre untere Stütze durch geeignete Mittel ausgelöst werden kann und sie sich mit der Strömung bewegen; dann erst erfolgt das Aufziehen der Ständer unter die Brücke. Dieses geschieht mittels Winden, die bei ungenügender Breite der ersten Bedienungsbrücke eine zweite erfordern.

450. Klappenwehr.

Nach vorstehenden Gesichtspunkten sind die Wehre an der Seine bei Poses und Suresnes gebaut, die beide für ein Nadelwehr zu große Stauhöhe haben; auch in Deutschland ist eine mustergültige Anordnung dieser Art bei Pretzien an der Elbe ausgeführt worden; sie dient allerdings nicht der Schiffahrt, sondern ausschließlich den Zwecken der Landeskultur.

Bei allen bis jetzt genannten Wehrkonstruktionen wurde das Niederlegen des Stauwerkes stets damit begonnen, daß die eigentliche Stauwand Stück für Stück beseitigt wurde. Bei einigen hatte dies von einem umlegbaren Bedienungssteg aus zu geschehen, bei anderen war dazu eine feste Brücke gebaut worden. Man hat aber auch Wehrkonstruktionen erfunden, die vom Ufer aus ohne Überbrückung des Flusses niederlegbar sind. Hierher gehören die **Klappenwehre**. Bei ihnen besteht die Stauwand aus nebeneinander angeordneten, etwa 1 m breiten Klappen, die an einer quer über die Flußsohle gehenden Achse drehbar befestigt sind. Im aufgerichteten Zustande stützen sich diese mittels beweglicher Streben gegen Lager auf der Sohle des Wehres.



451. Trommelwehr.

Soll der Stau aufgehoben werden, so zieht man durch eine Zahnstange die einzelnen Streben der Reihe nach von ihren Lagern hinweg, wodurch eine Klappe nach der anderen niederfällt. Die Bewegung der Zahnstange erfolgt vom Ufer aus durch ein Triebwerk. Für das Wiederaufrichten und Feststellen der Klappen, das ziemlich schwer zu bewerkstelligen ist, hat man einen leichten umlegbaren Bedienungssteg vorgesehen. Besondere Schwierigkeiten macht es, die Streben wieder gegen das Lager zu stützen. Man hat deshalb einen Führungsschuh angeordnet. — Klappenwehre dieser Art sind bei der Maas-

Digitized by Google

kanalisierung zur Anwendung gekommen. Man hat sich dort aber wieder den Nadelwehren zugewandt, da die Bewegung der Zahnstange oft durch Versandung oder dazwischen geklemmte Steine gehemmt worden war.

Auch durch Wasserdruck selbstthätig sich öffnende und schließende Klappenwehre hat man erfunden. Sie sind aber nur bei den Speisebecken einiger Kanäle und für Bewässerungsanlagen in Anwendung gekommen, denn für die Schiffahrt waren sie unbrauchbar, weil sie die Öffnung nicht ganz freigeben. In dem in Abb. 450 dargestellten Klappenwehre ist die Klappe mittels Drehpunkt P an dem Schwimmer befestigt, der seinerseits sich um den Punkt D dreht.

Nach ähnlichen Gesichtspunkten sind die für Schiffsdurchlässe und Floßgassen sehr zweckmäßigen *Trommelwehre* gebaut. Sie bestehen aus einer zweiteiligen Klappe, die um eine wagerechte, auf der Wehrkrone liegende Achse P drehbar ist. Der kleinere, nach rechts gerichtete Teil stellt die Stauwand dar, der untere, größere liegt in einer im Wehrkörper ausgesparten, kreiscylindrischen Kammer, welche von allen Seiten verschlossen ist und durch die aufrechtstehende Klappe in zwei Teile zerlegt wird. Beide sind durch einen Kanal sowohl mit dem Ober- als auch Unterwasser in Verbindung zu bringen. Je nachdem man nun das Oberwasser auf der einen oder der anderen Seite der großen Klappe wirken läßt, richtet sich dieselbe auf oder legt sich nieder, und zwar geschieht diese Bewegung in sehr kurzer Zeit; an dem Wehre im Floßdurchlaß der Küddow bei Tarnowske z. B. in wenigen Minuten.

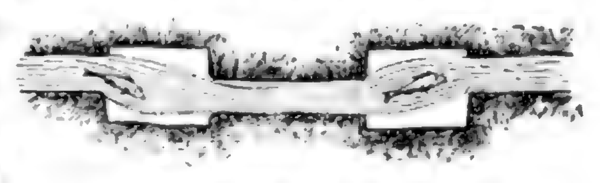
Die Verbesserungen dieser Anlage zielen alle darauf hin, die Abmessungen des größeren Klappenteils und damit den Raum der Kammern zu vermindern, da man dadurch besonders bei großen Stauhöhen bedeutend an Gründungstiefe spart. Die angewandten Konstruktionen mögen hier als zu sehr ins einzelne gehend nicht besonders erwähnt werden.

Zum Schlusse sei noch auf eine an einem Kanal in Südfrankreich angewandte besondere Bauart eines Wehres hingewiesen. Dort kreuzt der Kanal, welcher Cette mit der Rhône verbindet, einen der kleinen Küstenflüsse des Mittelmeeres. Die sehr plötzlich eintretenden Hochwasser des Flusses mußten, weil sie viel Sinkstoffe führten, vom Kanal abgehalten werden. Man brauchte dazu ein Wehr, das mit geringer Bedienungsmannschaft gegen einen Überdruck von 1,75 m zu schließen war. Als Stauwand wählte man, entsprechend versteift, einen genügend hohen Streifen eines Kreiscylindermantels, dessen gedachte Achse quer über dem Kanale lag. An den Ufern war dieser Streifen je an ein durch eine Winde bewegliches Rad von gleichem Durchmesser befestigt. Schließen und Öffnen wurde mittels einer entsprechenden Drehung des Rades durch einen Mann in wenig Minuten bewirkt. Die Einrichtung hatte außerdem noch den Vorteil, daß keine Teile des beweglichen Wehres auf der Krone befestigt waren und die ganze Stauvorrichtung leicht über Wasser gefördert werden konnte. Die Breite des Wehres betrug 20 m, die Kosten rund 11 000 Mark. Auch in Charlottenburg befindet sich am Werderschen Mühlgraben ein, allerdings etwas anders konstruiertes Cylinderwehr.

Welche von den hier beschriebenen Bauarten im einzelnen Falle am zweckmäßigsten ist, müssen die örtlichen Umstände ergeben. Im allgemeinen werden für Flußkanalisierung noch immer die Nadelwehre vorzugsweise angewandt, wenigstens auf Flüssen, die einen starken Eisgang haben, und wo nicht zu große Stauhöhen gefordert werden. Wo plötzlich eintretende und starke Anschwellungen zu befürchten sind, besteht die Gefahr, daß der Bedienungssteg des Nadelwehres vor gänzlicher Niederlegung desselben schon überflutet wird. Es steht dann meist eine Zerstörung der Wehranlage zu erwarten. Noch schlimmer aber ist der Schaden, den das nunmehr aufgestaute Hochwasser in der Umgebung des Wehres anrichtet. Man wendet deshalb neben dem Nadelwehr noch eine andere Konstruktion an, die es gestattet, vom hochwasserfreien Ufer aus einen beträchtlichen Teil des Wehres schnell niederzulegen, so daß dadurch eine wesentliche Erniedrigung des Aufstaues herbeigeführt wird. Dadurch erleichtert man nicht nur das Niederlegen des Nadelwehres, sondern man verlängert auch die dazu verfügbare Zeit. Die Floß- und Schiffsdurchlässe bieten für solche Anlagen eine besonders passende Gelegenheit, denn sie sind meistens nicht so breit, als daß nicht ein Trommelwehr oder eine ähnliche Konstruktion anwendbar wäre.

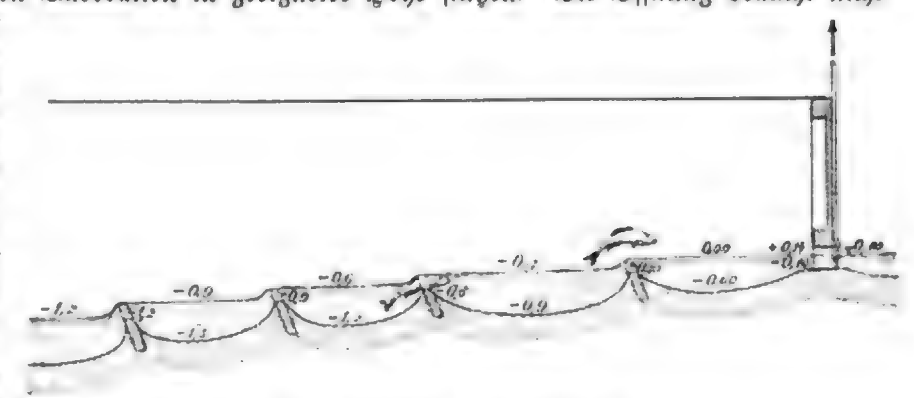
Zur vollständigen Ausstattung einer Stauanlage gehören noch die Einrichtungen, die den **Wanderfischen** den Weg vom Unter- ins Oberwasser und umgekehrt ermöglichen. Eine Anzahl von Fischarten nämlich, wie Lachse und Forellen, wandern in den Sommer- und Herbstmonaten vom Meere aus in die Gebirgsbäche, um dort ihren Laich abzusetzen. Andere, wie die Aale, ziehen in umgekehrter Richtung. Da nun jedes einigermaßen hohe Stauwerk die Wanderung unterbricht, so muß man stets einen Weg für die Fische darin offen halten.

Die Anlage und Ausführung der Fischwege richtet sich nach den Gewohnheiten der ihn benutzenden Fische, weshalb vorerst auf diese eingegangen werden soll, und zwar zunächst auf die der **Lachse und Forellen**. Wenn die Laichzeit naht, sucht der im Meere lebende Lachs die Flußmündungen auf und wandert, stets der stärksten Strömung folgend, bergwärts. Wird sein Vorwärtskommen gehemmt, so sucht er das Hindernis zu überspringen. Kräftige Lachse können ziemlich bedeutende Höhen nehmen, wegen der geschwächten und jungen Fische aber soll man nicht mit mehr als 0,4 m rechnen. Gelingt die Überwindung des Hindernisses nicht, so sammelt der Lachs neue Kräfte und sucht dann eine günstigere Stelle; auch hierbei folgt er der stärksten Strömung. Gelingt es ihm, bis in die klaren Gebirgsflüsse und -Bäche zu kommen, so wird dort das Laichgeschäft vollbracht. Kann der Fisch nicht dahin vordringen, und erfolgt die Absetzung des Laiches in unreinem Wasser, so wird dessen Lebensfähigkeit durch den sich darauf festsetzenden Schlamm erstickt. Wird der Laich an günstiger Stelle abgesetzt, so schlüpfen die Fische nach einigen Wochen aus. Sie bleiben ungefähr die nächsten zwei Jahre in den Gebirgsgewässern, dann suchen auch sie das Meer auf. Nach Erreichung der Laichreife begeben sie sich ihrerseits auf die Wanderung, und zwar suchen sie meist den Geburtsfluß wieder auf.



452. Fischweg.*)

Will man daher die Lachse nicht aus einem Flußgebiete vertreiben, so muß man ihnen das Überwinden der Stauwerke möglich machen. Bei Nadelwehren versuchen die Fische stets, zwischen den Nadeln hindurchzuschlüpfen, wie oft beobachtet worden ist. Man kann dort sehr einfach einen Fischweg herstellen, wenn man einige Nadeln herausläßt, so daß ein bequemer Durchschlupf entsteht. Man läßt auch wohl eine Anzahl Nadeln nicht bis zum Boden gehen, sondern sich gegen einen Querbalken in geeigneter Höhe stützen. Die Öffnung braucht nicht groß zu sein, denn der Lachs kann gegen ziemlich rasche Strömung schwimmen. Diese Anlagen bewähren sich gut, da sie der Fisch wegen des durchgehenden starken Stromes leicht findet. Sie brauchen aber mehr Wasser, als in den meisten Fällen abkömmlich ist.



453. Treppe des Pernarthwehres.

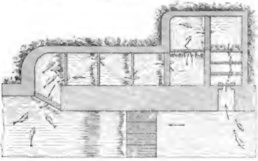
Für andere Hilfsmittel bieten manche Stromschnellen die Vorbilder, indem sich in ihnen sogenannte **Fischtreppen** bilden. Das Gesamtgefälle ist dort von Natur in einzelne mäßig hohe Stufen geteilt, zwischen denen ruhigere Becken liegen. Diesen natürlichen Fischtreppen sind die künstlichen nachgebildet. Die Anlage einer solchen ist einfach, wenn das Wehr in einem Flusse mit starkem Quergefälle und felsigem Boden liegt. Dort kann man leicht durch geringe Einbauten eine Fischtreppe schaffen. Man hat nur darauf zu achten, daß während der Wanderzeit stets eine lebhafte Strömung durch dieselbe geht. Auch dürfen die Stufen die zulässige Höhe nicht überschreiten, und die Becken müssen für die Schwimmbewegung der Fische groß genug sein.

Als Mindestmaß für Lachse kann man 2,5 m Länge, 1,8 m Breite und 0,7 m Tiefe betrachten. Für Forellen genügen die halben Maße. Aus diesen Abmessungen ergibt sich die zulässige Längsneigung; bei höheren Stauen empfiehlt es sich, sie etwas zu ermäßigen und größere Ausruhebecken anzubringen.

Bei schrägen Wehren teilt man wohl auch das Gefälle durch eingelegte Hilfswehre, welche vorteilhaft in dem nach unten sich öffnenden spitzen Winkel angebracht werden; sie sind aber nur bei kleineren Flüssen, die keinen bösartigen Charakter tragen, statthaft.

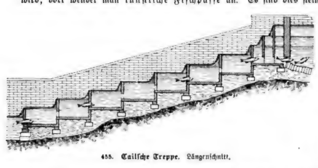
*) Abb. 452 bis 459 nach dem „Centralblatt der Bauverwaltung“.

Lassen sich diese einfachen Hilfsmittel nicht anwenden, so ist eine **künstliche Fischtreppe** nötig. Ihre Anlage muß so sein, daß sie die Fische bequem benutzen können, vor allem, daß sie ihre Mündung im Unterwasser leicht finden, damit nicht Herstellungskosten und Wasserverlust umsonst aufgewendet sind. Bei Wehrkonstruktionen mit fester Bedienungsbrücke legt man die Fischtreppe gern in einen Mittelpfeiler, weil sie dann dem Stromstriche näher ist und ein Mißbrauch weniger zu befürchten steht. Bei Wehren, die ganz niedergelegt werden, ist ihre Lage in einem hochwasserfreien Landpfeiler besser, weil bei solchen die Mittelpfeiler überströmt werden, und folglich die Fischtreppe Beschädigungen ausgesetzt ist. Das Bauwerk besteht aus einer Anzahl von Becken in den vorgeschriebenen Maßen mit dazwischen liegenden Sperren. Ihre Kronen sind entweder mit einem abwechselnd gerichteten Seitengefälle versehen, oder mit versetzt angeordneten Einschnitten, um die durchfließende Strömung abzulenken und so ihre lebendige Kraft zu verzehren. Deshalb müssen auch alle vom Wasser benetzten Teile rauh gelassen werden. Man darf aber dabei nicht so weit gehen, daß ein wirbelreicher Strom entsteht, weil diesen die Fische meiden.



454. Cailsche Treppe. Grundriß.

Bei der Cailschen Fischtreppe sind die Öffnungen in den Sperren am Boden angebracht und so bemessen, daß die Fische hindurchschlüpfen können. Diese Anordnung bildet den Übergang zu den Fischpässen. Die einfachsten Arten lassen sich bei Wehren mit sanft geneigter Krone anordnen. Es sind dies senkrecht zur steilsten Neigung gerichtete Einschnitte, in denen stets eine kräftige Strömung vorhanden ist, auch wenn über den Fachbaum wenig oder gar kein Wasser fließt. Ist der Wehrrücken hierzu zu steil, so ordnet man den Fischpaß schräg an; oft genügt ein schräg auf dem Wehr befestigter Balken. Diese Pässe werden von den Fischen lieber aufgesucht als die verwickelter gebauten Treppen, sie verbrauchen aber mehr Wasser. Für Flüsse mit stark wechselnden Wasserständen empfehlen sich die einfachen Anordnungen nicht, da einmal in ihnen das Wasser zu stark, das andere Mal zu schwach strömen wird; dort wendet man **künstliche Fischpässe** an. Es sind dies steinerne oder hölzerne Rinnen von oftmals bedeutender Länge. Um sie zu kürzen, ermäßigt man die Strömung durch Einbauen teilweiser Sperren aus Holz oder Stein, zwischen denen das Wasser in oft sehr gewundenem Laufe fließt. Bei größerer Länge sind Ausruhplätze erforderlich.



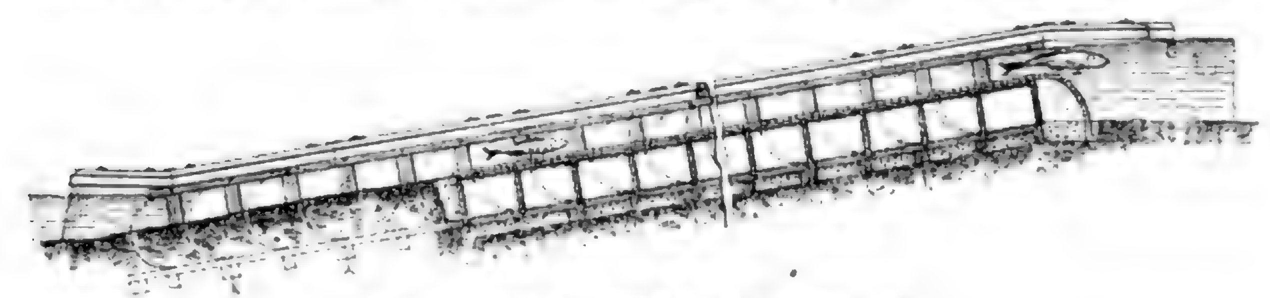
455. Cailsche Treppe. Längenschnitt.

Besonders zu erwähnen ist hier **Macdonalds Fischpaß**, weil er eine sehr steile Neigung (1:3) zuläßt. Bei ihm wird die lebendige Kraft des Wassers durch Gegenströmung verzehrt, die durch passend angeordnete Leitschaufeln erzeugt wird. Der Vorteil dieses Fischpasses besteht nicht nur in der steilen Neigung, sondern auch in der gerader Richtung und in der großen Tiefe des strömenden Wassers.

Alle diese Bauten zur Erhaltung des Fischreichtums sind in Amerika, Norwegen und Großbritannien viel zahlreicher und großartiger ausgeführt, als bei uns. So ist z. B. der Severnfluß in besonders musterhafter Weise damit ausgestattet. In den genannten Ländern hat man auch ganze Flußgebiete, die durch Wasserfälle bisher gesperrt waren, den Fischen neu eröffnet, so z. B. den Ballyiadarefluß in Irland. In ihm steigerte sich der Fischreichtum so, daß in dem einen Jahr 1870 9750 Lachse gefangen wurden.

Digitized by Google

Außer den Lachsen ist von den Wanderfischen der Aal zu berücksichtigen. Für ihn sind aber andere Einrichtungen zu treffen, da seine Gewohnheiten wesentlich von denen des Lachses abweichen. Die im Süßwasser lebenden Aale sind nur weiblichen Geschlechts; sie wandern von April bis Oktober zu den im Meere lebenden Männchen. Bei ihrem Zuge bewegen sie sich auf der Sohle des Flusses in der stärksten Strömung. Die jungen Aale wandern dann im nächsten Frühjahr stromauf, da sie aber sehr wenig Kraft besitzen, ziehen sie an den seichtesten



456. **Macdonalds Fischpaß an den Potomacfällen.**

Stellen. Um also diese Fischart zu erhalten, darf den Wanderungen kein Hindernis entgegen stehen.

Bei den undichten Nadelwehren sind für die erwachsenen Aale keine besonderen Anlagen nötig; sie können sich zwischen den Spalten der Nadeln durchzwängen. Anders ist dies bei dichten Wehrkonstruktionen. Besonders dann ist ein Fischweg empfehlenswert, wenn die Kraft des Flusses Turbinen treiben muß, da die der stärksten Strömung folgenden Fische nach den Maschinen gelockt werden, wo ihnen ein elender Tod bevorsteht. Daher ist der Werkkanal mit einem hinreichend dichten Netze zu schließen und für die wandernden Fische ein Aalpaß zu bauen. An seiner Mündung muß eine starke Strömung herrschen, damit die Fische ihn finden. Man ordnet daher das Bauwerk in der Nähe der Abzweigung des Werkkanals an. Die Wände müssen von Holz sein und eine dunkle Farbe haben, weil die Fische vor Eisen und hellen Stellen zurückschrecken. Das eingelassene Wasser kann durch Schlitze in den Wänden wieder abgeleitet werden, da der Aal den einmal eingeschlagenen Weg selbst dann nicht verläßt, wenn am Ende nur feuchte Stricke ihm den Übergang über den Wehrrücken zeigen. Freilich ist zu diesem Hilfsmittel nur dann zu greifen, wenn gar kein Wasserverlust statthaft ist. Der Abfall von der höchsten Stelle zum Unterwasser wird durch eine Rinne vermittelt, in der niedrige Einbauten die Strömung mäßigen.

457 bis 459. **Aalrinne.**

Kann man den Aalpaß in eine seichte Stelle münden lassen, so ist er zugleich für die jungen Aale zu benutzen. Man füllt dann seine Abfallrinne innerhalb der Einbauten mit Kies. Zwischen den einzelnen Steinen suchen sich die jungen Aale ihren Weg. Je weiter das Wehr stromauf liegt, um so gröber muß die Füllung sein, weil die Wanderung oft über ein Jahr dauert, während dessen die Brut natürlich wächst.

Kann man den Aalpaß nicht in seichtes Wasser münden lassen, so ist für die jungen Fische besonders Sorge zu tragen. Oft genügt ein ungehobeltes schräggestelltes Brett, worüber eine dünne Wasserschicht läuft. Bei größeren Höhen ist es besser, eine mit Kies gefüllte Rinne anzuwenden. Schwierigkeit macht nur die Mündung ins Oberwasser. Da sie trotz der wechselnden Wasserstände stets seicht bleiben muß, hat man sie manchmal schwimmend angeordnet. Man hat auch mit Kies gefüllte Röhren in den festen Wehrteil eingemauert. Ihre Mündung legt man so tief, daß sie nie trocken laufen kann, da eine zu starke Durch-

strömung wegen der Füllung sich nicht entwickeln kann. Bei den Aalpässen wie bei allen Fischwegen ist nach ihrer Fertigstellung zu beobachten, ob die Tiere sie auch benutzen. Geschieht dies nicht, so ist nach der Ursache der Unwirksamkeit zu forschen und diese zu beseitigen.

Mit den Fischwegen sind die Einrichtungen eines Stauwerks im wesentlichen beschrieben, es ist jetzt nur noch nötig, den Ausbau der dazwischen liegenden Haltung zu schildern.

In früheren Zeiten, wo noch die Schiffe ausschließlich von Menschen oder Pferden gezogen wurden, war es stets nötig, einen Weg für dieselben am Ufer anzulegen. Dieser heißt Leinpfad oder Treidelweg. Heute ist er weniger wichtig, da fast überall der Schiffszug durch Schleppschiffe bewirkt wird. Sollte der Leinpfad nicht zu entbehren sein, so muß man ihn nicht zu weit vom Ufer entfernt in solcher Höhe anordnen, daß er bei allen schiffbaren Wasserständen begehbar ist. Etwaige Nebenflüsse sind mittels Brücken zu überschreiten. Der Leinpfad muß ferner gegen überströmendes Wasser durch eine schwere Pflasterung geschützt werden. Auch Entwässerungsgräben dürfen nicht fehlen.

Da ferner der Fluß, wenn die Stauanlagen niedergelegt sind, manchmal längere Zeit frei in seinem Bette fließt, muß er auf seiner ganzen Länge auch für diesen Zustand ausgebaut werden. Es sind also bei der Kanalisierung alle Bauten anzuwenden, die bei der Regulierung vorkommen. Es sind die Nebenarme abzuschneiden, die allzu starken Krümmungen zu durchstechen, die Breite ist einzuschränken und die Ufer sind zu befestigen. Letztere bis auf die von dem aufgestauten Wasser erreichte Höhe, wenn auf dem Flusse schnellfahrende Schiffe verkehren. Kommen Regulierungswerke in der Stauperiode unter Wasser, so ist durch Bojen oder andere Zeichen die Schiffahrt auf sie aufmerksam zu machen.

Durch den Ausbau des Stromlaufes bewirkt man eine längere Dauer der freien Schiffahrt und eine Besserung der Hochwasserverhältnisse. Ein kanalisierter Fluß fordert daher dieselben Bau- und Unterhaltungskosten, wie ein regulierter, außerdem aber noch dasjenige, was man dauernd oder einmalig für die Stauwerke ausgeben muß. Man wird also stets, wie in der Einleitung schon angedeutet wurde, versuchen, mit der Regulierung allein zum Ziele zu kommen.

Flußhäfen.

Auf einem schiffbaren Flusse findet der Güterumschlag in ausgedehnterem Maße überall da statt, wo eine bequeme Verbindung mit der Eisenbahn und dem Landstraßennetz besteht. Entweder geschieht die Umladung an den Ufern selbst oder in besonders dafür hergestellten künstlichen Becken. Man unterscheidet Umschlagsplätze und Verkehrshäfen.

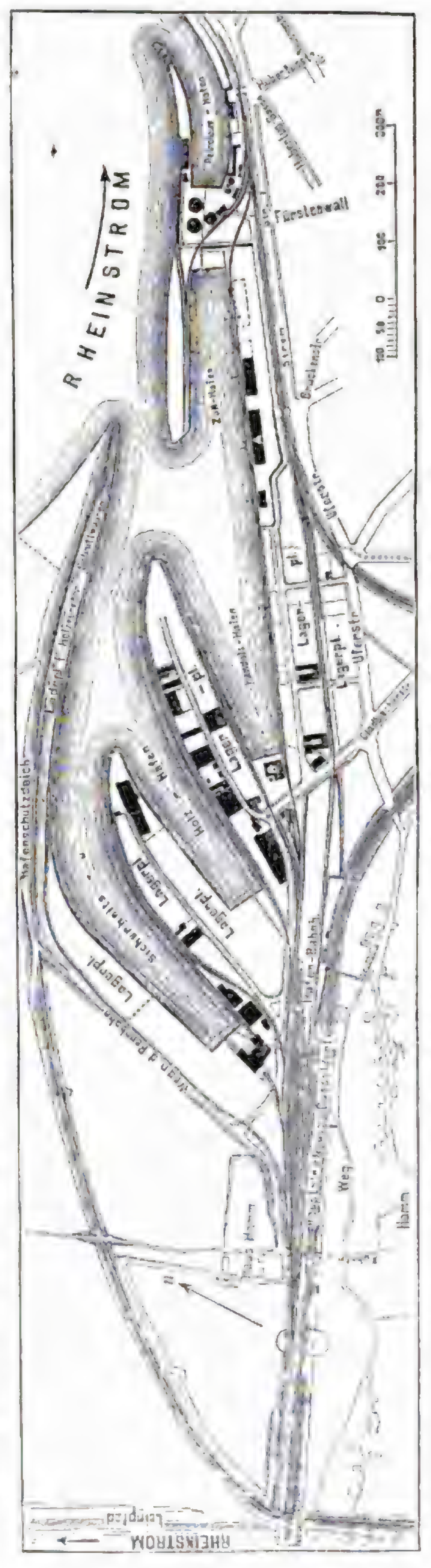
Ein Umschlagsplatz läßt sich im allgemeinen an jeder beliebigen Stelle des Flusses anlegen, wenn nur die Breite und Tiefe des Fahrwassers genügend groß sind, und wenn die im Fluß bestehende Wassergeschwindigkeit ein sicheres und bequemes Anlegen gestattet. Vorteilhaft, aber nicht unbedingt notwendig ist eine hochwasserfreie Lage des Ufers. Der Vorzug eines Umschlagsplatzes gegen einen Hafen besteht darin, daß die umzuladenden Schiffe nicht die eigentliche Wasserstraße zu verlassen brauchen, was immer dann Schwierigkeiten macht, wenn von durchfahrenden Schleppzügen nur einzelne Schiffe anlegen. Auch zu Thal gehende Fahrzeuge, die sich frei im Flusse treiben lassen, bedürfen zu ihrer Einfahrt in ein geschlossenes Hafenbecken stets mehr oder weniger starker Schleppvorrichtungen, wenn sie nicht selbst mit Dampfmaschinen ausgestattet sind. Man wird daher an weniger verkehrsreichen Plätzen und da, wo der Thalverkehr einzelner Lastschiffe besonders in Betracht kommt, Umschlagsplätze vorziehen. Da man diese ferner bei wachsendem Verkehr leicht vergrößern kann, so sind die Kosten für die erste Anlage verhältnismäßig gering; wiederum ein Grund mehr, an Orten mit weniger lebhaftem Verkehr Umschlagsplätzen den Vorzug zu geben; oft aber spielt sich jedoch auch ein ganz gewaltiger Verkehr unmittelbar an den Ufern eines Flusses ab. Es ist dies besonders da der Fall,

wo eine große Stadt von einem schiffbaren Wasserlauf durchflossen wird; dort ist das ganze Ufer von Landungsstellen und Lagerplätzen eingenommen.

Bei unserem Klima muß stets ein sicherer Platz für die Schiffe vorhanden sein, wohin sie bei Hochwasser und Eisgang flüchten können. Man legt daher vielfach da, wo bereits ein größerer Verkehr stattfindet, neben dem Umschlagsplatz hochwasserfreie, geschlossene **Hafenbecken** an. Diese werden stets mit Lade- und Löschvorrichtungen versehen, da dort, wo ganze Schleppzüge umzuladen sind, keine Schwierigkeiten bestehen, die Schiffe vom Fluß in den Hafen zu bugsieren. So sind die meisten Verkehrs- und Winterhäfen entstanden. Eine Ausnahme bilden solche Plätze, wie Kosel, Frankfurt a. M. und andere, die an den Endpunkten erst neuerdings schiffbar gemachter Wasserstraßen liegen. Dort entschloß man sich gleich zu eigentlichen Hafenanlagen, weil daselbst naturgemäß kein durchgehender Schiffsverkehr stattfinden kann, und außerdem ein Überwintern besonders vorteilhaft ist.

Den Platz für ein Hafenbecken bestimmen im Einzelfalle wirtschaftliche, technische und finanzielle Rücksichten. Hier kann nur auf die technischen eingegangen werden. Zunächst ist die Mündung in zweckentsprechender Weise anzulegen und auszugestalten. Sie soll so breit sein, daß zwei Schiffe zu gleicher Zeit bequem ein- und ausfahren können, und so liegen, daß in keinem Fall sich eine Sinkstoffbank bei der Wanderung thalabwärts davor legen kann. Die Stellen, die hiergegen am meisten Schutz gewähren, sind die konkaven Ufer der Krümmungen, wo sich ständig die größte Fahrtiefe befindet und ein Ansammeln von Sinkstoffen nicht zu erwarten steht.

Die Einfahrt wird gewöhnlich an dem am meisten stromabwärts gelegenen Ende des Hafens angebracht, und zwar so, daß die zu Berg fahrenden Schiffe sie ohne scharfe Wendung gewinnen können. Manchmal liegt, wie in Mainz oder Ludwigshafen die Einfahrt in der Mitte des Beckens. Die erstgenannte Anordnung ist aber für die Schiffer bequemer und wird deshalb meist angewendet, zumal auch bei ihr das Eindringen von Eisschollen in den Hafen unmöglich ist und bei Hochwasser nur durch Stau von unten her eine Hebung des Spiegels eintreten kann. Will man auch diese vermeiden, so bringt man in der Mündung eine Sperrschleuse an, eine Einrichtung,



160. Lageplan der Hafenanlagen zu Düsseldorf. Nach „Centralblatt der Bauverwaltung“.

die sich am Binnenhafen in Duisburg vorfindet. Ist es notwendig, die Mündung oder eine andere Stelle des Hafens zu überbrücken, so soll die Unterkante fester Brücken so hoch liegen, daß Schiffen, die von plötzlich eintretendem Hochwasser überrascht worden sind, jederzeit die Einfahrt möglich ist. Ist dies nach Maßgabe der örtlichen Umstände nicht zu beschaffen, so kann man sich durch Anlage eines Vorhafens helfen, oder man kann über der Einfahrt eine bewegliche Brücke, meist eine Drehbrücke, anordnen.

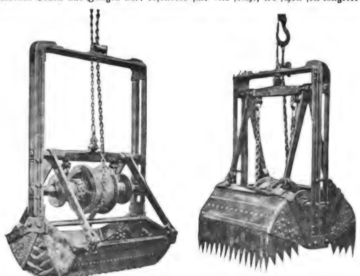
Das Hafenbecken selbst sucht man da anzulegen, wo eine schon bestehende Vertiefung die Erdarbeiten zu mindern verspricht; natürlich aber nur dann, wenn keine anderen gewichtigeren Gründe gegen die gewählte Stelle geltend gemacht werden können. Das Ausheben der Massen erfolgt vielfach im Trockenen und zwar durch Trocken-

461. Kai-Anlagen zu Antwerpen.

bagger, da mit Handarbeit in der meistens kurzen Bauzeit die gewaltigen Erdbewegungen nicht ausführbar sind. Die gewonnenen Massen sucht man in nutzbarer Weise wieder zu verwenden, was um so leichter ist, als die ganze Hafenanlage durch Dämme gegen jede Gefahr, die den Schiffen bei Hochwasser und Eisgang droht, zu schützen ist. — Bei der Wahl der Örtlichkeit für den Hafen muß man auch berücksichtigen, daß durch die Bauten keine Einschränkung des Hochwasserprofils eintritt, denn leicht wird hierdurch an anderer Stelle eine Verwilderung des Flußbettes und der Ufer hervorgerufen, ja es können daraus ernstliche Gefahren für bestehende Ortschaften oder Gebäude entstehen. Wenn nötig, ist, wie beim Dresdener Hafen, durch Anlage einer befestigten und ausgebauten Hochwasserrinne für raschen Abfluß Sorge zu tragen, damit die Einschränkung des Profils hierdurch wieder ausgeglichen wird. — Die Größe des Hafens hängt von der Stärke des in ihm zu erwartenden Verkehrs ab. Sie ist verhältnismäßig bedeutend gegen die Ausdehnung der Seehäfen, was auf das wesentlich geringere Fassungsvermögen der Flußschiffe zurückzuführen ist. So kann ein mittelgroßes Seeschiff 3500 t tragen, dazu gehören aber schon 6 Flußschiffe bei 2,0 m oder 16 bei 1,5 m Tiefgang, Maße die für viele Flüsse noch nicht

Digitized by Google

einmal erreicht sind. Das Verhältnis des beanspruchten Raumes ist am besten aus vergleichenden Grundrissen zu ersehen. Dabei ist zu bedenken, daß auch noch Schleppdampfer und andere Fahrzeuge in einem Flußhafen Raum beanspruchen. — Die Form des Hafens ist so zu wählen, daß er einer möglichst großen Anzahl von Schiffen das Anlegen gestattet, ohne sie zu zwingen, in mehreren Reihen nebeneinander zu liegen. Dieser Anordnung entspricht am besten eine gestreckte schlauchförmige Gestalt, wie solche meist den neueren, nach einheitlichem Plane gebauten Häfen gegeben wird. Um an Länge zu sparen, ordnet man, wie beim Hafen in Düsseldorf, mehrere Becken nebeneinander an. Oft entsteht auch ein mehrteiliger Hafen dadurch, daß in ein breiteres Becken Zungen eingebaut werden, um so die Ladeplätze zu vermehren. Ein solcher Einbau ist für den König-Albert-Hafen in Dresden geplant. — Viele Häfen weisen eine verwickeltere Gestalt mit verschiedenen Becken und Zungen auf; besonders sind dies solche, wo schon seit längerer Zeit



462 u. 463. Greifbagger.

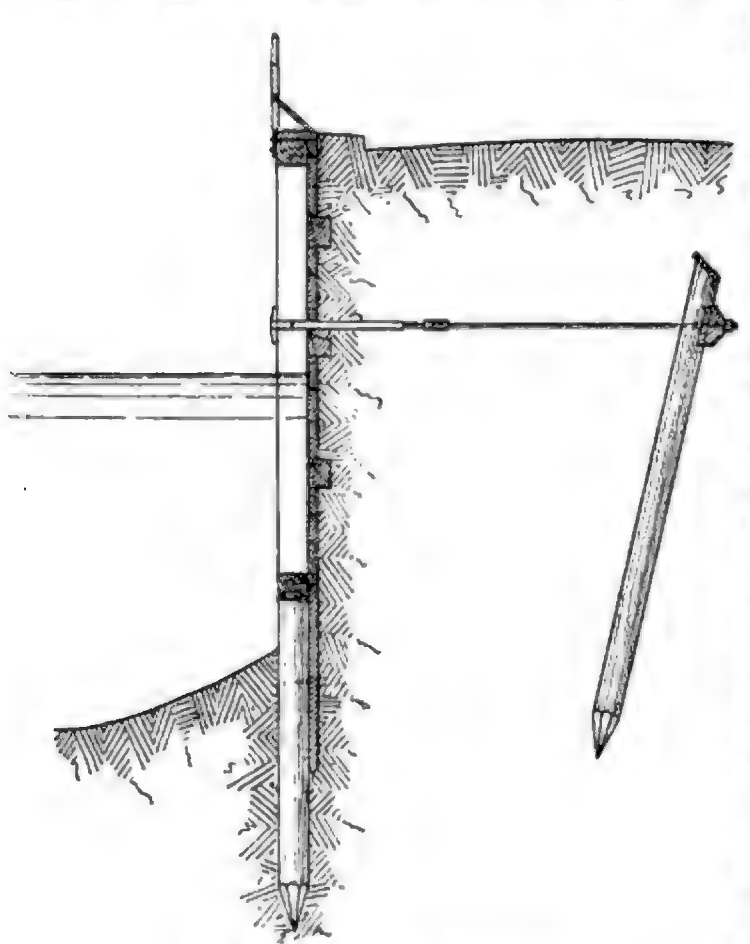
der Schiffsverkehr sich entwickelt hat. Dort mußte den sich stetig vergrößernden Ansprüchen durch mehrmalige Erweiterungsbauten genügt werden, so bei den Häfen in Mannheim, Ruhrort u. s. w.

Die Breite des Beckens ist von der größten Breite der Schiffe abhängig. Auch muß berücksichtigt werden, daß an allen Stellen neben am Ufer liegenden Schiffen noch Raum für die ein- und ausfahrenden frei bleiben muß. Plätze zum Wenden sind ebenfalls vorzusehen. Bei der Breitenabmessung ist immer darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Maße der Schiffe mit der fortschreitenden Verbesserung der Wasserstraße zunehmen. Aus gleichen Gründen ist auch die Tiefe stets reichlich zu bemessen. Bei ihr ist ferner darauf zu sehen, daß sie auch erhalten bleibt. Alle schlamm- und sinkstoffführenden Zuflüsse sind deshalb ohne Ausnahme vom Hafenbecken abzuhalten, denn in demselben wird wegen der bedeutenden Profilverbreiterung ein erheblich langsameres Fließen stattfinden, so daß die schwebenden Teilchen Gelegenheit haben, sich abzusetzen, der Hafen also wie ein Niederschlagsbecken wirkt.

Da aber auch das vom Strom hier eindringende Wasser zuzeiten reichliche Mengen von Schlammteilchen mit sich führt und auch vom Ufer und den Schiffen aus eine fort-

Digitized by Google

währende Verunreinigung stattfindet, so ist eine regelmäßig sich wiederholende Vertiefung des Hafens nicht zu umgehen. Dieselbe erfolgt durch Baggermaschinen, und zwar wendet man wegen der schlammigen Beschaffenheit der zu fördernden Massen Saug- oder Pumpenbagger, an Stellen, an welchen man, wie in den Ecken, mit anderen Baggern nicht ankommen kann, auch Greifbagger an. Man kann sich auch durch Spülung des Hafenbeckens zu schützen suchen. Dann wird zu diesem Zweck an geeigneter Stelle ein Schleusenthor oder ein bewegliches Wehr angeordnet, durch welches beim Öffnen eine so große Menge aufgestauten Wassers in den Hafen gelassen werden kann, daß darin eine lebhafte Strömung entsteht, die den Schlamm mit sich fortreißt. Auch für die Erneuerung des stillstehenden und deshalb faulenden Wassers ist eine solche Einrichtung nötig, wenn sie nicht ein lebhafter Grundwasserstrom ersetzt. In den Fällen, in welchen die Spülung nicht wirksam genug ist, muß durch Baggern die Erhaltung der Tiefe bewirkt werden.



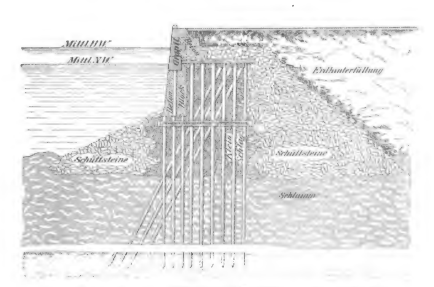
464. Querschnitt eines Bollwerks.

Ist der Hafen, was Einfahrt, Lage und Abmessungen betrifft, allen Bedingungen angepaßt, die im einzelnen Falle zu stellen sind, so ist die nächstdem wichtigste Angelegenheit die Ausstattung der Ufer, an denen das Verladegeschäft ausgeführt werden soll. Sie muß so erfolgen, daß nach Größe und Wichtigkeit des Verkehrs eine möglichste Beschleunigung des Umschlags stattfinden kann. Das erste Erfordernis in dieser Beziehung ist eine zweckentsprechende Befestigung der Ufer. Die Ausführung richtet sich nach der Art der umzuladenden Güter und der dazu verwandten Hilfsmittel. Auch die Verhältnisse des Baugrundes wirken auf die Ausgestaltung mit ein. An Stellen, wo Sand, Kies und Steine aus den Schiffen ausgeladen werden, oder wo man das mit den Flößen angekommene Langholz ans Ufer zieht, genügt eine gute Abpflasterung in nicht zu steiler Böschung. Die genannten Baumaterialien werden dann mit Ausnahme des Holzes durch Schubkarren aus den Schiffskörpern herausbefördert und über einfache Ladebrücken ans Ufer geschafft; dort werden sie auf Freiladeplätzen, die wenigstens für grobes Material nicht einmal hochwasserfrei zu sein brauchen, abgelagert. Auch die Ladeplätze für andere Waren findet man zuweilen nicht besser ausgestattet, als durch eine gepflasterte nicht zu steile Böschung. Amerikanische Flußhäfen und zuweilen auch europäische weisen eine solche sparsame Einrichtung auf.

Meist aber hat man dem Ufer eine bessere Ausstattung gegeben, vor allem in der Absicht, den Schiffen die Möglichkeit zu gewähren, sich unmittelbar an das Ufer legen zu können. Man wird deshalb, je nachdem die Lasten beschaffen sind, die am Uferrand gelagert werden sollen, ein hölzernes Bollwerk oder eine steinerne Mauer errichten. Auch Ladebühnen können in Anwendung kommen.

Ist die Anlage eines hölzernen Bollwerks statthaft, oder vielleicht wegen zu weichen Baugrundes empfehlenswert, so hat man den Vorteil, daß die erstmaligen Kosten bedeutend geringere sind, als für eine steinerne Mauer. Freilich besteht der Nachteil,

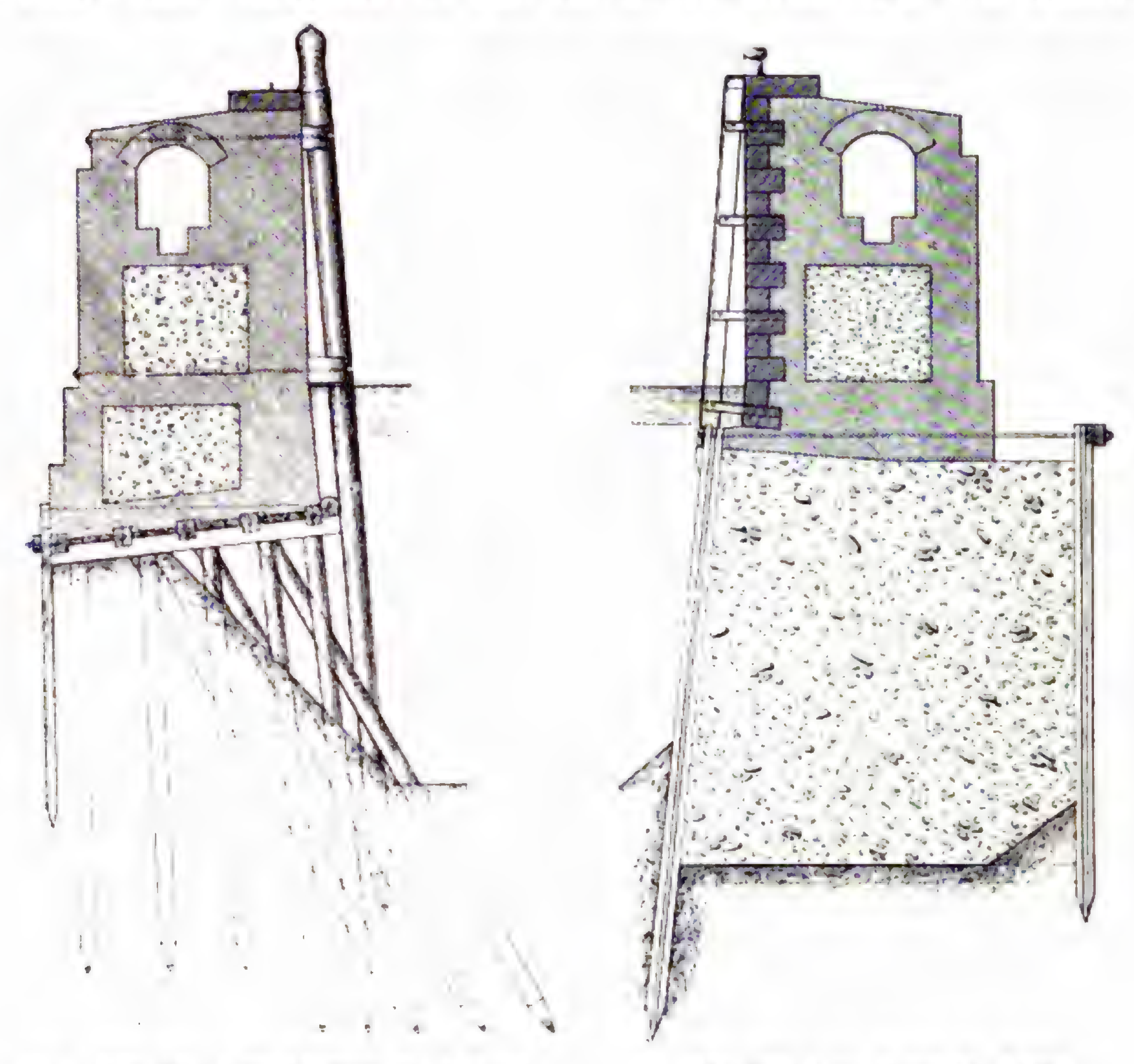
465. Brunnenfundierung des Kais zu Glasgow.



466. Querschnitt einer Kaimauer auf Pfahlwerk mit Steinschüttung am Hafen von New York.

Digitized by Google

daß die Teile, die nicht stets unter Wasser liegen, leicht schadhaft werden und einer Ausbesserung oder Auswechselung bedürfen. Die Ausführung eines Bollwerks ist folgende: Zunächst wird eine Spundwand eingetrieben, die in regelmäßigen Abständen stärkere Pfähle enthält, oder vor welche einzelne Pfähle geschlagen sind. In Niedrigwasserhöhe wird sie abgeschnitten und durch zwei Längsbalken, Zangen genannt, oder durch einen Holm zusammengehalten. Auf dieser Grundlage sind in der Verlängerung der stärkeren Pfähle Pfosten eingezapft, die an der Landseite mit einem Bohlenbelag versehen sind. In der Höhe des Ufers sind die Pfosten durch einen starken Balken, den Holm, verbunden. Damit das Bauwerk den Druck der hinterfüllten Erde aushält, sind Veranke-



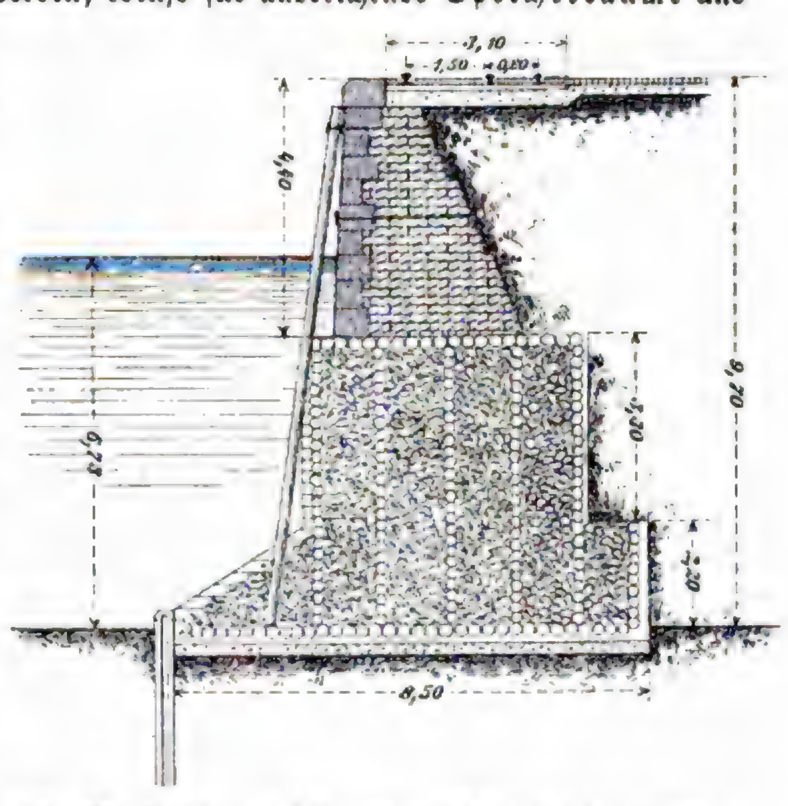
467. Querschnitt einer Kaimauer auf Pfahlrost. 468. Querschnitt einer Mauer auf Beton.

rungen nötig. Um die Stöße der Schiffe unschädlich zu machen, rammt man vor den Pfosten nicht selten schräge Prellpfähle ein, die zugleich zur Schiffsbefestigung dienen.

Soll am Uferrand eine Eisenbahn entlanggeführt werden, oder laufen daselbst schwere Kräne, so genügt ein hölzernes Bollwerk nicht mehr, sondern in solchen Fällen ist eine steinerne Hafenmauer am Platze. Überhaupt wird bei lebhaften und wichtigen Hafenplätzen stets eine solche vorzuziehen sein, und Bollwerke sind nur da anzuwenden, wo die Steinmauern wegen übermäßiger Kosten des Materials oder allzu großer Schwierigkeit der Gründung zu viel kosten würden. Bei Ausführung einer steinernen Hafeneinfassung kommt es zunächst darauf an, durch sorgfältige Bodenuntersuchungen festzustellen, in welcher Tiefe man einen Baugrund findet, der im stande ist, das schwere Werk zu tragen. Nach dem Ergebnis dieser Untersuchung muß man die Bauart der Ufer einrichten. Nur selten wird man sie unmittelbar auf tragfähigem Boden emporführen können. Man wendet

Digitized by Google

daher meistens die für tiefer liegenden Baugrund üblichen Verfahren an. Vor allem häufig sind Pfahlrostgründungen, aber auch solche auf Brunnen oder Senkkästen kommen vor. Läßt sich der tragfähige Grund gar nicht erreichen, so muß man durch Steinschüttung oder Senkstücke eine Unterlage schaffen, auf der man das Bauwerk sicher in die Höhe führen kann. Bei der Aufmauerung kann man durch passend angeordnete Hohlräume, die mit leichterem und billigerem Material gefüllt sind, Gewicht und Kosten des Bauwerks erheblich vermindern. In der Höhe der Erdoberfläche wird die Mauer mit besonders harten Steinplatten gut abgedeckt, um sie vor dem Einflusse der Witterung zu schützen. Wie beim Bollwerk sind auch bei Ufermauern Prell- und Haltepfähle nötig. In verschiedener Höhe eingelassene Ringe dienen ebenfalls der Schiffsbefestigung. Ist wegen stark wechselnder Wasserstände die Mauer besonders hoch, so darf nicht unterlassen werden, Treppen und Leitern in sie einzubauen, um vom Ufer aus bequem die Schiffe erreichen zu können. Des weiteren muß stets für leistungsfähige Hebevorrichtungen zum Umladen der Güter gesorgt werden, ebenso für ausreichende Speicherräume und Freilagerplätze. Eine gute Ausstattung in beiderlei Hinsicht ist für die ganze Anlage von größter Wichtigkeit. Bei Anschaffung der Hebe- und Speichereinrichtung soll man sich stets die neuesten Erfindungen und Erfahrungen zu nutze machen. Besonders darf man mit maschineller Ausstattung nicht zu sparsam sein, weil die Schiffahrt leichter geringe Abgaben für die Verzinsung solcher Einrichtungen ertragen kann, als den Schaden, der ihr aus überlangem Warten wegen ungenügender Löschvorrichtungen erwächst. So kann ein Elbschiff nur ein Viertel der Schiffahrtszeit zur eigentlichen Fahrzeit benutzen, die übrige Zeit liegt es still, und zwar einen beträchtlichen Teil davon, um auf seine Entladung zu warten. Es müssen eine Anzahl fahrbare Kräne vorhanden sein, die im stande sind, Lasten bis zu etwa 2000 kg zu heben. Die Krangleise gehen längs der ganzen Hafeneinfassung hin, damit das Becken vollständig ausgenutzt werden kann. Für besonders schwere Lasten wird ein fester Kran vorgesehen, der etwa 6000 bis 12000 kg zu heben vermag. Als Betriebskraft für die Hebeanlagen wendet man Menschenkraft, Dampf, Druckwasser oder Elektrizität an.



469. Querschnitt einer Kaimauer mit Steinkistenfundierung.

Ist es notwendig vorzusehen, daß die Güter unmittelbar von der Bahn ins Schiff oder umgekehrt verladen werden, so sind längs der Ufermauern Ladegleise nötig. Hinter diesen liegen Freilagerplätze oder Schuppen, wo dasjenige aufgestapelt werden kann, was vor der Weiterbeförderung einige Zeit im Hafen lagern muß. Längs dieser Bauten sind an der Landseite wiederum Gleisanlagen angeordnet, damit hier ein Ent- und Beladen der Bahnwagen erfolgen kann, und so der Raum am Hafen zur Abwickelung des unmittelbaren Umschlags nicht verringert wird. Die Lagerschuppen sind im allgemeinen ihrer Bauart nach nicht von den an der Eisenbahn üblichen unterschieden. Sie haben oft an allen vier Seiten Laderampen. Auf der dem Hafen zu liegenden vollzieht sich der Verkehr mit den Schiffen, landwärts der mit der Eisenbahn. Auf den übrigbleibenden beiden Querseiten hält das Fuhrwerk, das bei dieser Anlage möglichst wenig von der

Digitized by Google

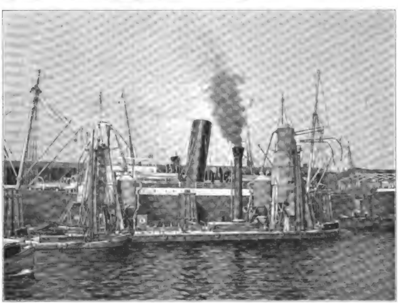
470. Elektrisch betriebene Winkelportalkräne in Düsseldorf.

471. Lagerhaus zu Worms.

Digitized by Google

Bahn gefährdet wird. Die Schuppen müssen deshalb so breit sein und so weit voneinander abliegen, daß ein bequemes Wenden mit den Wagen möglich ist. Die vom Fuhrwerk zu überschreitenden Gleise sind zu pflastern. Es ist gut, die Speicher nicht durch einzelne Luken zugänglich zu machen, sondern möglichst die ganze Wandfläche freizugeben. Werden die Schuppen mehrstöckig gebaut, so bezeichnet man sie als Speicher; diese sind mit Aufzügen sowie mit Einrichtungen für den leichten Quertransport zu versehen.

Der Bau und die Verwaltung von Lager- oder Speicherräumen wird sehr oft besonderen Gesellschaften gegen Pacht überlassen. Der Staat behält sich dann nur ein Aufsichtsrecht über Bauausführung und Betriebseinrichtung vor.



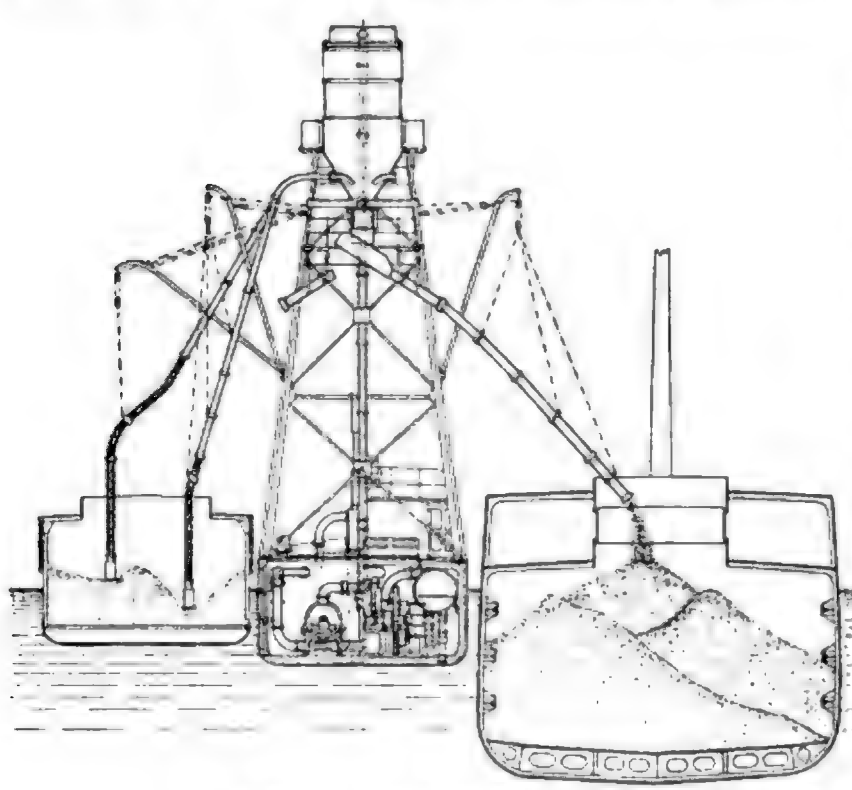
472. Getreideelevator in Thätigkeit. Nach Photographie von H. Breuer

Macht sich die Anlage mehrerer Speicher nötig, so wird man in jeden derselben gewisse Warengattungen weisen und Einrichtungen treffen, die der Natur dieser Güter angepaßt sind, so daß sie das Verladen vereinfachen und die Aufbewahrung verbessern. Vor allem trennt man die feuergefährlichen Gegenstände von den anderen Waren. Man weist ihnen abseits gelegene Speicher zu, die so liegen, daß im Falle einer Entzündung die übrigen Lagerhäuser nicht gefährdet sind und sich die mit solchen Gütern beladenen Schiffe möglichst wenig zwischen den anderen Fahrzeugen zu bewegen brauchen.

Von allen feuergefährlichen Waren wird kaum eine in solchen Mengen befördert als das Petroleum. Früher erfolgte seine Verladung in Fässern und zwar in der Weise, wie die jedes anderen Stückgutes. Jetzt werden, um die Verdunstungsverluste zu vermindern, sogenannte Tank- oder Ölschiffe gebaut, in welchen das Petroleum in großen eisernen Gefäßen, die den Schiffskörper selbst bilden, verschickt wird. Aus diesen Schiffen saugt man es mittels Pumpen in am Land stehende, den Gasometern ähnliche, eiserne Behältnisse, Tanks genannt, aus welchen dann die Verteilung in kleinere Mengen vorgenommen wird. Das Ganze wird zur Sicherung der Anlieger mit einem Erdwall umgeben.

Digitized by Google

Alle diese Verbesserungen in der Aufbewahrung und dem Versand des Petroleums sind von Amerika zu uns herüber gekommen. Aus demselben Lande stammen die Neuerungen, die den Getreidetransport im großen vervollkommnet haben. Dort muß das aus dem Westen kommende Getreide von tiefen Wasserstraßen, wie z. B. dem Ohio und der amerikanischen Seenkette auf kleinere weniger leistungsfähige Kanäle übergehen. Die Umladung muß schnell und billig erfolgen, damit nicht übermäßige Kosten das Getreide für den europäischen Markt zu sehr verteuern. Auch ist an solchen Stellen für die Aufbewahrung größerer Massen Sorge zu tragen. Man hat dort die Speicherräume gleich mit den Entladevorrichtungen verbunden und außerdem die Einrichtung getroffen, daß während des Umschlags zugleich ein Wiegen und Reinigen der Ware stattfindet. Diese Erfindungen haben sich schnell nach Europa verbreitet und in den Häfen von London, Antwerpen u. s. w. sowie auch im Binnenlande in Frankfurt, Mainz, Mannheim, Duisburg Einführung gefunden.


473. Pneumatischer Getreideheber. Querschnitt.

Die neueste Erscheinung auf diesem Gebiete ist der pneumatische Elevator. An Stelle des Becherwerks tritt bei diesem ein beweglicher Schlauch, durch den mittels starker Luftverdünnung das Getreide aus dem Schiff gesaugt wird. Die Vorteile dieser Anordnung sind bedeutend. Es wird zunächst überhaupt ein schnelleres Entladen erreicht. Weiterhin ist es möglich, bei jedem Wetter zu arbeiten, da weder im Speicherraum noch im Schiff größere Luken offen zu lassen sind. Man kann ferner mit dem Saugkopf des Schlauches überall hinkommen, während bei den Becherwerken das Getreide der Hebevorrichtung zugeschaufelt werden muß. Mächtige Elevatoren dieser Art finden in den Seehäfen Verwendung, um das Getreide aus den transatlantischen Dampfern in Flußkähne umzuladen.

Sowohl in den Speichern, wie auf den Freilagerplätzen werden die verschiedenen Güter nach Arten geordnet, und wenn größere Mengen von ein und derselben Ware zu befördern sind, kann man mit Vorteil besondere Ladeeinrichtungen anwenden. Die Anwendung von gesonderten Ausladeplätzen für Holz und andere Baumaterialien ist schon besprochen. Man schafft vor allem für Bauholz oft eigene Hafenanlagen, so z. B. in Mannheim, Frankfurt a. M., Kosel u. s. w. Überall hat man da einen alten Flußarm als Floßhafen ausgebaut, indem man ihn an seiner oberen Abzweigungsstelle mit einer Einlaßschleuse versah und an seinen Ufern zum Heraufziehen der Stämme Längs- und Querschlepplätze einrichtete.

Unter den besonders zu berücksichtigenden Güter ist ferner die Kohle zu zählen. An den Stellen, wo sie mit der Eisenbahn ankommt, um dann im Schiffe weiterzugehen, ist eine solche Masse zu bewältigen, daß die Einrichtung besonderer Kohlenhäfen, wie in Ruhrort und Kosel sich als notwendig herausstellt. Hier findet man auch für die Verladung besondere Einrichtungen. Ihr Grundgedanke ist der, daß man das Gefäß, welches die Kohlenladung enthält, zum allmählichen Umkippen bringt, und die Ladung durch ihre

Digitized by Google

474. Werft- und Hafenanlagen in der Rheinau zu Köln a. Rh.

Digitized by Google

eigene Schwere in einer Rinne oder Rutsche ins Schiff gleiten läßt. Auf die Kohlenkipper wird bei Besprechung der Seehäfen zurückgekommen werden. — Auch für manche andere Güter, wie z. B. Erze, sind da und dort, wo sie in großer Menge zur Verladung kommen, besondere Einrichtungen getroffen.

Für die Beaufsichtigung des Verkehres und die Überwachung der Ordnung im Hafen sind geeignete Maßnahmen zu treffen, und den mit ihrer Ausführung betrauten Beamten ist durch Einrichtung von Diensträumen ein Unterkommen zu schaffen, ebenso wie in den Speichern zur Erledigung der dort notwendigen kaufmännischen Arbeiten Räume vorzusehen sind.

Zur Vollendung einer Hafenanlage gehört ein Bahnhof, der es gestattet, die beladenen Wagen zu Zügen zusammenzustellen, welche ohne weiteres auf die Linien des Bahnnetzes übergehen können; denn nur dann, wenn Eisenbahn und Wasserstraßen zu einem Ganzen verbunden sind, ist von beiden der größtmögliche Nutzen zu erwarten.

Die beschriebenen Einrichtungen eines Hafens lassen erkennen, wie viel notwendig ist, damit er seinen Zweck vollkommen erfüllt und das aufgewandte Geld entsprechend verzinst wird. Je nach den Anforderungen des Verkehres und je nach den örtlichen Zuständen werden die Ausgaben verschieden sein. Welche erheblichen Summen in neuerer Zeit auf die Verbesserung resp. auf die Neuschaffung von Hafenanlagen für Flußschiffe in einzelnen deutschen Städten ausgegeben worden sind resp. aufgewendet werden sollen, geht aus der nachfolgenden Zusammenstellung hervor.

Namen der Stadt	Einwohnerzahl	Kosten für Hafenanlagen, Lösch-, Lade- und Lagerungsvorrichtungen		Schiffs- und Eisenbahnverkehr im Jahre 1893
		Im ganzen Mark	Auf den Kopf der Bevölkerung	t
Berlin	1 676 000	4 500 000	2,7 Mk.	10 549 000
Duisburg	70 000	6 000 000	85,3 „	9 606 000
Mannheim	91 000	24 250 000	267,4 „	5 823 000
Breslau	373 000	3 500 000	9,4 „	4 117 000
Köln	334 000	12 000 000	35,9 „	2 882 000
Düsseldorf	176 000	9 965 000	56,7 „	2 787 000
Magdeburg	214 000	7 672 000	35,8 „	2 707 000
Frankfurt a. M.	228 000	6 316 700	27,6 „	2 395 420
Mainz	77 000	8 852 000	115 „	547 731
Dortmund	111 000	5 650 000	50,8 „	(in der Ausführung)

Wie aus dieser Zusammenstellung hervorgeht, wendet Berlin den geringsten Betrag pro Kopf für seinen Schiffsverkehr auf. Trotzdem die Spree im Verhältnisse zu anderen Flußläufen sehr unbedeutend ist, so kann sich dieselbe dennoch, was den auf ihr sich abwickelnden Warenverkehr anbetrifft, stolz mit den bedeutendsten Strömen des europäischen Kontinents messen.

Nachstehende Zahlen geben einen Überblick über den Binnenschiffahrtsverkehr deutscher Städte im Jahre 1894:

Berlin	5 045 000 t	Dresden	709 000 t
Hamburg	4 160 000 „	Köln	663 000 „
Duisburg	3 952 000 „	Königsberg	250 000 bis 350 000 „
Mannheim . . .	3 662 000 „	Bremen	
Magdeburg . . .	1 650 000 „	Düsseldorf	
Breslau	1 582 000 „	Straßburg	
Frankfurt a. M. . .	859 000 „	Mainz	

Schiffahrtskanäle.

In unserer viel bewegten Zeit tritt der Kanalbau seit einer Reihe von Jahren, nachdem man in der Periode des stärksten Eisenbahnbaues geglaubt hatte, daß er seine Rolle für alle Zeiten ausgespielt habe, wiederum bedeutend hervor. Von allen Seiten tauchen Projekte für neu anzulegende Kanäle auf, und wenn man sich einst zu dem Vorschlage versteigen konnte, die bestehenden Kanäle zuzuwerfen und auf diesen Schüttungen Schienen zu verlegen, so sucht man heute die Vorzüge dieses Transportvermittlers in das hellste Licht zu setzen und seine Überlegenheit rechnerisch darzuthun. Bedeutende Kanalanlagen hat die Jetztzeit bereits entstehen sehen, und groß ist die Zahl der geplanten Unternehmungen dieser Art.

In der That ist das Wasser, wie auch das Vorangegangene zur Genüge hat erkennen lassen, ein so vollkommenes Verkehrsmittel, daß es nicht überraschen kann, wenn die Menschen sich früh desselben bedienten und dort, wo die Natur es versagt hatte, bestrebt waren, dieses Transportmittel künstlich zu schaffen. Die erste Bethätigung auf diesem Gebiete fand bereits im hohen Altertume statt, sie knüpft an die Schaffenskraft der Babylonier und Ägypter an. Die Herstellung der Schiffahrtskanäle erfolgte ohne Zweifel in Anlehnung an die zu Bewässerungszwecken in zahlreichen antiken Kulturländern angelegten Gräben und Kanäle. In den meisten dieser Länder bildeten die Bewässerungsanlagen die Grundbedingung des hohen Kulturzustandes. Diese Behauptung trifft im gleichen Maße für die Tigris- und Euphratländer, wie für Ägypten, China und Indien zu. In allen genannten Ländern sind die auf uns gekommenen Reste von einem Umfange, der unsere Bewunderung und unser Erstaunen erregen muß und ahnen läßt, wie außerordentlich bedeutend diese Werke einst gewesen sein müssen. Von dem guten Funktionieren dieser Bewässerungskanäle hing das Gedeihen des gesamten Volkes ab, und mit ihrer Vernachlässigung oder Zerstörung sanken jene Völker rasch von ihrer hohen Kulturstufe herab. Diese Irrigationskanäle sind als die Vorstufe der eigentlichen Schiffahrtskanäle anzusehen. Nicht wenige dienten im Laufe der Zeit beiden Zwecken.

Die ältesten Schiffahrtskanäle zweigten entweder von einem Flusse ab oder verbanden zwei Wasserläufe miteinander, und zwar war es erforderlich, daß die Höhenlage derselben eine solche war, die eine freie Verbindung ermöglichte. Es dauerte lange, ehe der Mensch ein Mittel erfand, die Höhendifferenz zweier durch einen Kanal zu verbindender Wasserläufe künstlich zu überwinden, was erst vollkommen durch die Erfindung der Kammerschleuse im 14. Jahrhundert unserer Zeitrechnung geschah.

Zu den ältesten Nachrichten über Schiffahrtskanäle gehören die Mitteilungen über die Herstellung einer künstlichen Wasserverbindung zwischen dem Mittelländischen und Roten Meer. Unter Ramses dem Großen (Sesostris, 1396—1328 v. Chr.) soll zuerst der Versuch gemacht worden sein, den Kanal von Suez zu bauen. Als Hauptursache dieses Unternehmens wird der Verkehr mit dem arabischen Kupferlande angesehen, mit welchem die Ägypter einen großen Handel trieben. In späterer Zeit nahm Necho (Neku) die Ausgrabung des Kanals wieder auf, priesterliche Orakelsprüche schreckten ihn jedoch von der Fortsetzung der Arbeit zurück. Erst der Achämenide Darius Hystaspis vollendete einen Kanal zwischen den beiden Meeren, der etwas oberhalb Bubastus von dem Nil abging. Herodot beschrieb als Augenzeuge diesen Wasserweg. In der Folgezeit geriet dieses Werk in Verfall, wurde jedoch von Ptolemäus Philadelphus wieder in sehr vollkommener Weise hergestellt. Nach den auf uns gekommenen Nachrichten besaß derselbe künstliche Schleuseneinrichtungen, deren genaue Beschaffenheit jedoch nicht bekannt ist. Der Kanal erhielt sich bis zur Römerherrschaft, bis zu den Zeiten Marc Aurels, ja vielleicht bis zu den Zeiten des Kaisers Septimius Severus, also über vier und ein halbes Jahrhundert. Im Jahre 640 n. Chr., nach der Eroberung Ägyptens durch die Araber, ließ der Kalif Omar den Kanal von neuem öffnen, Al Mansor aber ihn um 760 aus militärischen Gründen wieder verschütten. Dicuil, ein irischer Mönch, berichtete im Jahre 825, daß sein Lehrer auf einer Wallfahrt nach dem Heiligen Lande einen Kanal vom Nil nach

dem Roten Meere befahren habe. Der große Kalif Harun al Raschid (786—809 n. Chr.) faßte den Plan, entweder einen Kanal vom Nil oder vom Mittelländischen Meere nach dem Roten Meere herzustellen; er ließ jedoch diesen Plan fallen, da er einerseits fürchtete, dem Nil könnte hierdurch zu viel Wasser entzogen werden, anderseits weil hierdurch die Möglichkeit einer Bedrohung Mekkas durch griechische Seeräuber gegeben worden wäre.

Das von dem Euphrat und Tigris durchflossene Land zeigte im Altertum eine Reihe hervorragender Kanalbauten. Unter Nebukadnezar wurden zur Entwickelung des Handels Mesopotamiens umfangreiche Arbeiten ausgeführt. Zur Verbindung des Euphrat mit dem Tigris ließ der genannte Herrscher vier Querkanäle herstellen, von welchen der bedeutendste der Königsfluß (Nahar malka) war, der ein Befahren mittels Seeschiffe gestattete. Zur Versorgung dieses Kanals diente ein bei Sippira angelegtes großes Bassin von 11 m Tiefe und einem Umfange von 60 km.

Die Leistungen der Römer im Kanalbau sind im Vergleiche zu der von diesem Volke überhaupt entwickelten Bauthätigkeit verhältnismäßig gering. Verschiedene große Unternehmungen dieser Art wurden zwar geplant, so von Nero die Durchstechung des Isthmus von Korinth und ein Kanal zwischen Misenum (bei Neapel) und Rom, keines dieser Projekte kam jedoch zur Ausführung. In der Campagna und Sirmien entstand eine größere Anzahl Kanäle, die zwar in der Hauptsache Entwässerungszwecken dienten, jedoch auch von Böten befahren wurden, die den holländischen Trekschuiten ähnlich waren.

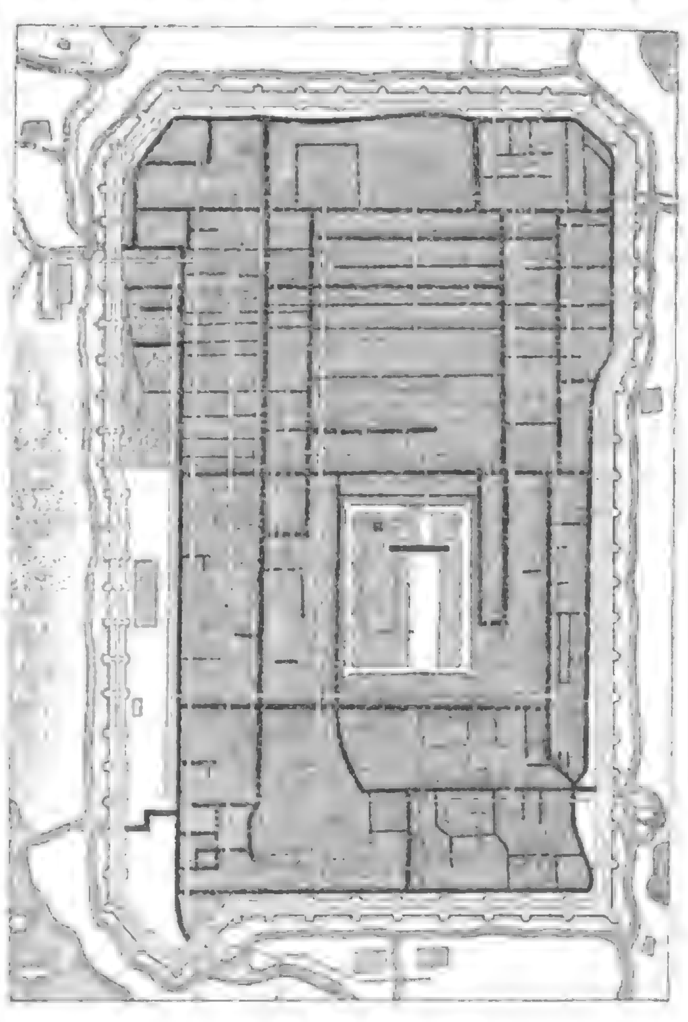
Für die Herstellung der Kanäle waren in jenen frühen Zeiten und besonders bei den Römern meistens militärische und politische Gesichtspunkte maßgebend. Noch ein anderes Moment ließ die Herstellung von Bauwerken, die große Arbeitsleistungen erforderten, außerordentlich wünschenswert erscheinen. Eine Beschäftigungslosigkeit der zahlreichen Legionen barg große Gefahren in sich, denen die Feldherren am besten dadurch glaubten entgegenwirken zu können, daß sie die Soldaten bei der Herstellung der Landstraßen und Kanäle beschäftigten. Paulinus Pompejus und Lucius Vetus faßten nach Tacitus (Annal. L. III) den Plan zu einer Verbindung des Provencer Meeres mit dem Deutschen Meer. Drusus ließ große Deichbauten am Rhein ausführen und diesen Fluß durch einen Kanal mit der Yssel verbinden. Unter den zahlreichen Spuren der einstigen Thätigkeit der Römer in Britannien befindet sich gleichfalls eine Kanalanlage, die Verbindung des Neß mit dem Witham (Car-Dyke).

Für China ist die Anlegung von Kanälen im Altertum zwar nachgewiesen, doch ist nicht bekannt, inwieweit ein Befahren derselben möglich war. Die Erbauung der großen schiffbaren Kanalanlagen datiert erst aus der Mongolenzeit. Unter diesen Kanälen ist der den ganzen Küstenstrich vom Golf von Petscheli bis zum Alpensee Sihu durchziehende Große oder Kaiserkanal der bedeutendste. Dieser Kanal besitzt eine solche Länge, daß er in Europa die Ostsee mit dem Adriatischen Meere verbinden würde. Der Großchan Kublai ließ diesen Kanal von Peking aus beginnen und die bereits bestehende Kanallinie teils erweitern und vertiefen, teils neu bauen. Die Schaffung dieses Riesenwerkes war nur in einem Lande möglich, in dem über Millionen Handlanger despotisch verfügt werden konnte. Der Kanal hat keine Schleusenanlagen; seine Breite ist sehr verschieden, bald beträgt sie 60 m, bald 300 m. Er hat fast nie stillstehendes Wasser. Bald ist er tief in die Berge eingeschnitten, bald läuft er innerhalb Dämmen, die mit Granitquadern eingefaßt sind, durch Seen und Moräste. Zahlreiche Brücken überspannen den Kaiserkanal, und unzählige Vorrichtungen für Bewässerungszwecke sind vorhanden. An den Ufern ziehen sich steinerne Leinpfade entlang. In 40 Tagen konnte der Wasserweg bequem durchfahren werden. Eine gepflasterte Heerstraße lief dem Kanal parallel, dieselbe war mit Bäumen und Weiden bepflanzt, und an ihrer Seite standen Wirtshäuser und Schuppen. Die Schaffung des Kaiserkanals war eine Notwendigkeit. Um die Entstehung von Hungersnöten nach Möglichkeit zu verhüten, mußte bei der Abneigung der Chinesen gegen die infolge der heftigen Stürme des Gelben Meeres sehr gefährliche Seefahrt eine binnenländische Verbindung von Süd- nach Nordchina hergestellt werden. Im vorigen Jahrhundert rechnete man, daß der Kaiser auf dem Kanal 9999 Schiffe zum Korntransport mit 200000 Mann Besatzung hatte, die beständig in Thätigkeit waren,

um dem Herrscher den Tribut seiner Unterthanen zuzubringen. Der Kaiserkanal (Abb. 2 S. 7) ist dabei nur der Hauptstamm eines unzählige Glieder besitzenden Kanalnetzes, das für die Wohlfahrt des Landes von großer Bedeutung ist, und dessen Kenntnis daher einen wesentlichen Teil der Kenntnisse eines gebildeten Staatsbeamten überhaupt bildet.

Die Erbauung jedes Kanals wird in den Annalen verzeichnet und bringt dem Erbauer den Ruhm der Nachkommen ein. Die ersten Staatsbeamten sind mit der Erhaltung der Kanäle beauftragt. Kein Mandarine kann auf die Würde eines Gelehrten Anspruch erheben, ohne genaue Kenntnis der Kanäle seiner Provinz zu besitzen. Die Gouverneure müssen die Geschichte, die Ausmessung, die Berechnungsweise der Dämme, Schleusen, Brücken und Kanäle kennen. Die Organisation der Wasserwirtschaft ist bei der Bedeutung, welche die Reiskultur für das gesamte ungeheure Reich besitzt, die Hauptaufgabe der Staatsbehörden. Eine Abgabe für die Benutzung des Wassers in irgend einer Form existiert in China nicht. Die Benutzung der Wasserstraßen war eine sehr lebhafte. Die Binnenfahrzeuge besaßen einen Mast und ein Segel und hatten eine Tragfähigkeit von 1200 bis 3600 t, 10 bis 12 Pferde zogen die Schiffe.

Die Städte waren vielfach von zahllosen Kanälen durchzogen. Nach Marco Polo besaß Hangtschou-fu 12000 Brücken und Stege, die über die Hauptkanäle so hoch geführt waren, daß die Schiffe mit aufrechtem Mast darunter passieren konnten. Diese Binnenwasserstraßen dienten dem provinzialen Handel. Von alters her haben die Chinesen ihre Städte so angelegt, daß sie für Fahrzeuge zugänglich sind, fast jede nur einigermaßen bedeutende Stadt ist von Kanälen durchschnitten oder umgeben und steht mit einem schiffbaren Fluß in Verbindung. Der Plan von Soutscheou läßt diesen Reichtum an städtischen Wasserstraßen erkennen.


475. Plan von Soutscheou.

Ein anderer alter Kanal, der für Deutschland nach Erwerbung der Kiautschoubucht erhöhtes Interesse besitzt, war der Kanal, der die Schantunghalbinsel von der Kiautschou- bis zur Laitschoubucht durchschnitt und den Namen Kiau Lai-ho führte. Mit dieser Wasserstraße ist der Name des ersten Kaisers der Sung-Dynastie (960 n. Chr.) verknüpft, auf dessen Befehl auch die Brücken über den Kanal erbaut wurden. Die Zahl derselben beträgt 72, und jede Brücke ruht auf dem Mauerwerk einer Schleuse. Dieser Kanal wurde zu gunsten einer besseren Route aufgegeben, und zwar geschah dieses, als die Nordeinfahrt des Kanals infolge der Wirkung der Fluten des Gelben Flußes versandete. Der Kanal hatte eine Länge von 100 Seemeilen und verkürzte die Entfernung zwischen Peking und den reichen Reisfeldern im Süden, auch ersparte er der Getreideflotte die Umschiffung des gefürchteten Schantung Vorgebirges. Heute dient dieser Kanal nur noch gewissen Plätzen für den örtlichen Transport.

In einem anderen Teil Asiens, in Indien, kamen im Mittelalter ebenfalls hervorragende Kanalbauten zur Ausführung. Bei Aufzählung der bedeutendsten Anlagen dieser Art dürfen die Schöpfungen des durch seine Gerechtigkeit und Milde ausgezeichneten Regenten der Afghanen, Feroze Toghluk, nicht vergessen werden. Im Jahre 1350 ließ Feroze einen 150 km langen Kanal vom Ssetledsch bis zum Steppenfluß des Caggar ausführen. Im folgenden Jahre ließ er den berühmten Feroze-Kanal, der an der alten Festung Hansi vorüberführt, in Angriff nehmen. Ein dritter Kanal führte das Wasser des Jamuna in ein großes Bassin bei Hissar Feroze. Durch einen vierten Kanal sollte

eine Verbindung des Saresvati mit dem Jamuna hergestellt werden, dieser kühne Plan kam jedoch nicht zur Durchführung. 50 000 Arbeiter waren in Thätigkeit, um einen hohen Berg zu durchbrechen, aber wie in der Neuzeit beim Panama-Kanal, so mußten damals die Arbeiten als nicht ausführbar eingestellt werden. Durch die Vollendung des Werkes wären der Indus und Ganges, deren Mündungen 2850 km auseinander liegen, für die Binnenschiffahrt in unmittelbare Verbindung gesetzt worden. Schah Baber und Schah Jchan, dem vierten Nachfolger Ferozes, ist die Schaffung bedeutender Kanalanlagen, darunter der berühmte Delhi-Kanal, zu danken.

In der Neuen Welt sollen seitens der alten indianischen Könige prächtige Kanäle für die Städte Mexiko und Cusco angelegt worden sein.

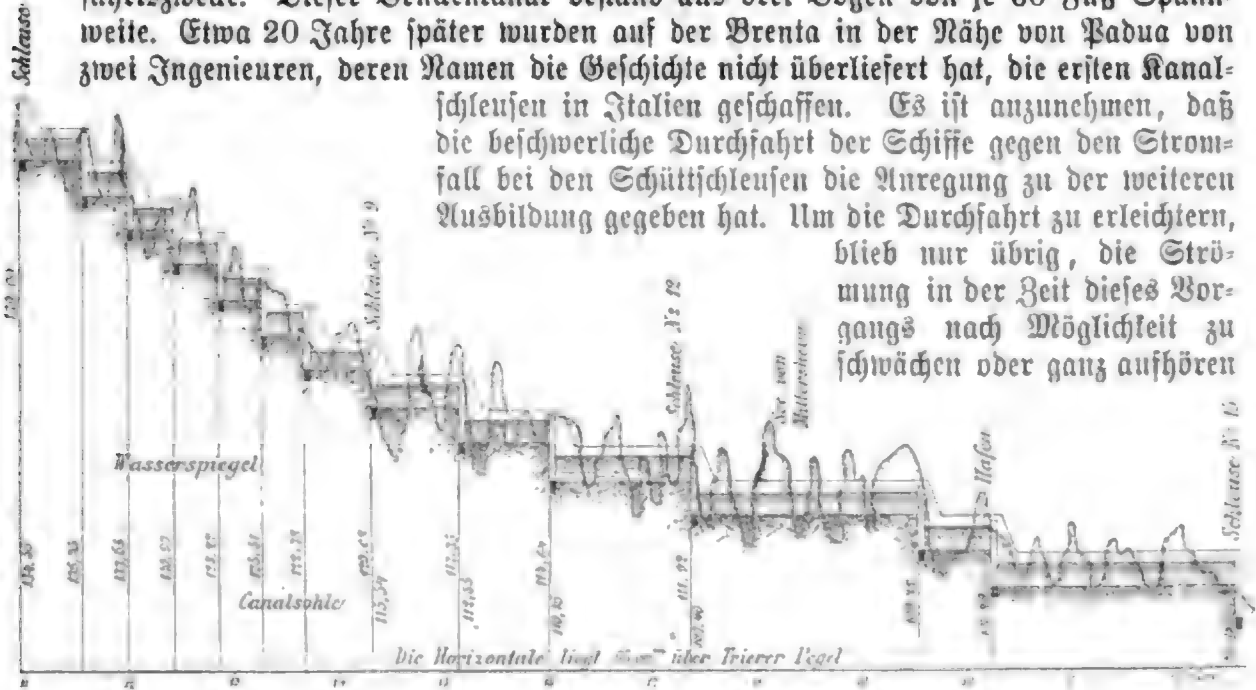
Wie auf allen Gebieten, so trat auch auf dem des Kanalbaues nach dem Untergang des Römerreiches in den betreffenden Ländern ein vollständiger Stillstand ein. Jahrhunderte vergingen, ehe man z. B. in Deutschland von Unternehmungen dieser Art wieder hörte. Karl dem Großen wurde bei seiner Anwesenheit in Regensburg die Ausführung eines Kanals zwischen dem Rhein und der Donau unter Benutzung der Altmühl und Rednitz nahegelegt. Man begann auch diese Arbeit, jedoch ließen neue kriegerische Verwickelungen bald dieses Unternehmen zum Stillstand kommen. Niedersachsen, mit seinem thatkräftigen Volksstamm weist die älteste Kanalanlage in Deutschland auf. Die Anregung zur Erbauung des Stecknitzkanals ging von Lübeck aus und entsprang dem Wunsche nach Herstellung einer von Sund und Belt unabhängigen Verbindung zwischen der Ost- und Nordsee. Der Kanalbau wurde 1390 begonnen. Die sogenannte Stecknitzfahrt, die infolge der Erbauung des Elbe-Trave-Kanals im Jahre 1896 ihr Ende erreichte, ging aus der Trave die Stecknitz hinauf in den Möllnschen See und durch den Delvenau-Graben nach der Elbe. Dieser Kanal bestand in fast unveränderter Weise bis in die Jetztzeit. In den Jahren 1779—1789 ließ die hannöversche Regierung Austiefungsarbeiten auf der Scheitelstrecke vornehmen. Während der Jahre 1811 und 1812 richtete die französische Regierung ihre ganz besondere Aufmerksamkeit auf diese Kanalverbindung. Der Kanal wurde zum Schlußglied in der großen Wasserverbindung der Seine mit der Ostsee, dem „Canal de la Seine à la Baltique“ bestimmt, dessen Fertigstellung jedoch infolge der bald eintretenden Umwälzungen unterblieb. Der Kanal war durch die erste Anwendung der Stauschleusen in Deutschland besonders bemerkenswert.

Die Anwendung von Stauschleusen war für die Ausbildung des Kanalbauwesens von besonderer Bedeutung, wurde doch in dieser Konstruktion zum erstenmal ein Mittel geboten, Schiffe, ohne daß dieselben das Wasser zu verlassen brauchten, aus einer Kanalhaltung mit höher liegendem in eine solche mit tiefer liegendem Wasserspiegel zu bringen. Die Konstruktion dieser Stauschleusen ist die folgende. Auf jeder Seitenwand befindet sich ein Thürrahmen, der aus drei Ständern, zwei Querriegeln und einem Querbande besteht. Der Thürrahmen bewegt sich in Angeln, unten legt sich derselbe gegen die Schwelle, oben gegen einen Drehbalken, der gleichzeitig als Steg dient. Die Breite der Thürrahmen ist nur so groß, daß zwischen denselben in geschlossener Lage eine Öffnung verbleibt, die der halben Thürrahmenbreite gleich ist. In geschlossener Lage entstehen sonach fünf gleich weite Öffnungen. Diese Öffnungen werden von dem Schleusenwärter durch Einsetzen von Schüttbrettern geschlossen. Die Schleusung findet in der Weise statt, daß der Schleusenwärter ein Schüttbrett nach dem anderen aus den Thürrahmen herauszieht und alsdann die Thürrahmen zur Seite dreht. Das Schiff passiert mit oder gegen den Strom. Nach seiner Durchfahrt wird die Schleuse wieder geschlossen.

Diese Vorrichtung ermöglichte einen Schleusenbetrieb, und dieser Umstand mußte den großen durch dieselbe bedingten Wasserverbrauch als nebensächlich so lange erscheinen lassen, bis an deren Stelle eine bessere Vorkehrung trat. Diese Verbesserung, die gewiß an vielen Orten und von verschiedener Seite angestrebt wurde, bot die Kastenschleuse. Bisher konnte nicht mit Bestimmtheit festgestellt werden, wer diese Erfindung gemacht hat, und wo dieselbe zuerst Verwendung fand. Simon Stevin, ein Holländer, führt in seinem 1618 herausgegebenen mathematischen Werke die Kastenschleuse als eine ganz neue Erfindung an. Er schrieb, daß er in Verbindung mit den Zimmermeistern Adrian Janßen

von Rotterdam und Cornelius Dirixen Muys von Delft sich bemüht habe, den Schleusen durch Herstellung brauchbarer Thüren eine gute und den früheren Konstruktionen überlegene Anordnungsweise zu geben. Während diese Quelle auf Holland als das Geburtsland der ersten Kastenschleuse verweist, deuten andere Nachrichten auf Italien und den Ingenieur Alberti als Erfinder hin (1500 n. Chr.).

Für die Geschichte des Kanalbauwesens ist dessen Förderung in Italien von besonders großer Bedeutung. Im 11. Jahrhundert begann in diesem Lande nach jahrhundertlanger Barbarei eine neue Ära des Aufschwungs. Zahlreiche Städte traten in eine neue Entwickelungsepoche ein und suchten durch die Schaffung schiffbarer Kanäle, die gleichzeitig Bewässerungszwecken dienten, diesen Prozeß zu befördern. Das Aufblühen der Künste und Wissenschaften kam auch der Wasserbaukunst zu gute, deren Ausbildung die größten italienischen Mathematiker ihre Aufmerksamkeit zuwandten. An das Beispiel der Römer anknüpfend, bauten die Italiener im Jahre 1460 bei Ausführung des Kanals Martesana über den Küstenfluß Molgora den ersten Aquädukt für Schiffahrtszwecke. Dieser Brückenkanal bestand aus drei Bogen von je 60 Fuß Spannweite. Etwa 20 Jahre später wurden auf der Brenta in der Nähe von Padua von zwei Ingenieuren, deren Namen die Geschichte nicht überliefert hat, die ersten Kanalschleusen in Italien geschaffen. Es ist anzunehmen, daß die beschwerliche Durchfahrt der Schiffe gegen den Stromfall bei den Schüttschleusen die Anregung zu der weiteren Ausbildung gegeben hat. Um die Durchfahrt zu erleichtern, blieb nur übrig, die Strömung in der Zeit dieses Vorgangs nach Möglichkeit zu schwächen oder ganz aufhören zu lassen. Dies konnte nur durch Einbauung einer zweiten Abschlußvorrichtung erreicht werden, wodurch eine Schleusenkammer entstand. Im Jahre 1497 wandte Leonardo da Vinci Kammerschleusen auf den von der Adda und dem Ticino abgeleiteten Kanälen an.

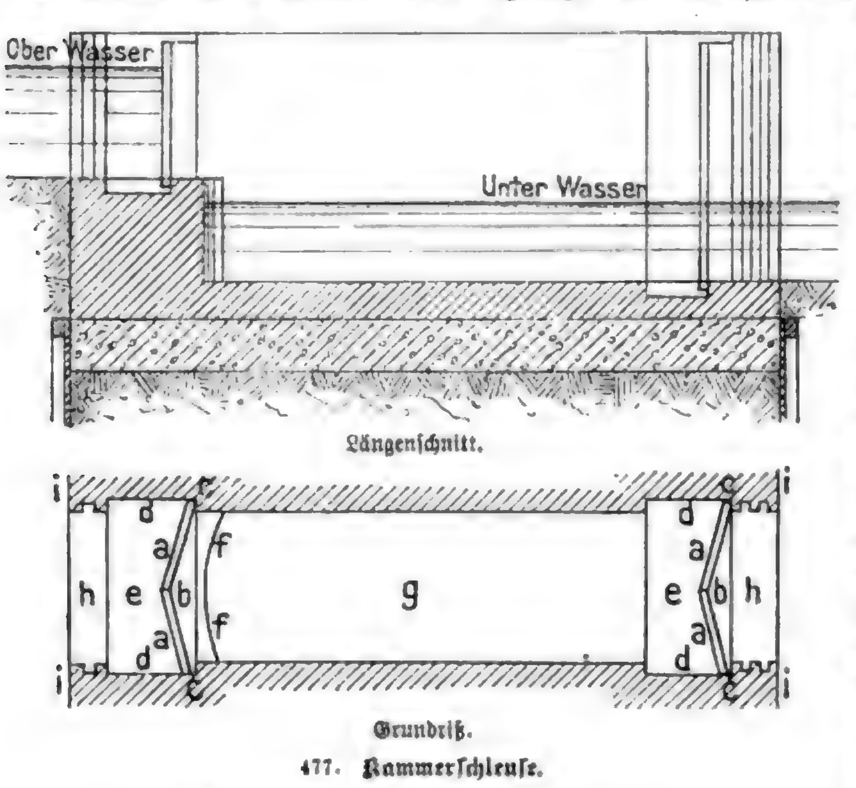


476. Längenprofil des Saarkohlenkanals.
Nach „Handb. d. Ing. Wissensch."

Fortan wurden die Kanäle, sofern dieselben in Terrain mit größeren Erhebungen angelegt wurden, aus einzelnen Strecken (Haltungen) mit nahezu wagerechter Sohle hergestellt und untereinander durch Kanalschleusen resp. in der neuesten Zeit durch andere Hebevorrichtungen verbunden. Die Kanäle können hierdurch annähernd den Erhöhungen und Vertiefungen der Erdoberfläche folgen. Sie unterscheiden sich somit von den schiffbaren Flüssen durch das ganz geringe Gefälle, so daß die Schiffe in ihnen nach beiden Richtungen gezogen werden müssen, während dieses auf den Flüssen nur für die Bergfahrt nötig ist.

Die Kammerschleuse besteht in der Hauptsache aus einem Raum, der das zu befördernde Schiff aufnimmt, und zwei Thoren b b für die Ein- und Ausfahrt und zum Abschluß der Kammer. Die Thore sind mit Schützen und mit Vorrichtungen zur Bewegung versehen. Der Vorgang bei einer Durchschleusung eines Schiffes ist, wenn z. B. die Beförderung von unten nach oben erfolgen soll, folgender: 1. das etwa in der Kammer befindliche Wasser wird durch Ziehen der Schütze am unteren Thore bis zum Unterwasserspiegel abgelassen. Nachdem dies geschehen, wird das untere Thor geöffnet, das

Schiff fährt in die Kammer ein. Hierauf wird das untere Thor geschlossen, sodann werden die Schützen des oberen Thores gezogen, infolgedessen steigt der Wasserspiegel in der Kammer an und hebt das Schiff allmählich. Sobald das Wasser in der Kammer bis zum Oberwasserspiegel angestiegen ist, kann das obere Thor geöffnet werden und das Schiff ausfahren. In ganz ähnlicher Weise erfolgt die Beförderung der Schiffe aus dem Oberwasser in das Unterwasser. Die Thore sind meist zweiflügelig (a a) und stemmen sich, wenn der Wasserdruck auf sie wirkt, mit den senkrechten Schlagsäulen aneinander (Stemmthore), mit den Unterkanten gegen die Schwelle oder den Drempel b und mit den Wendesäulen gegen die Wandnischen (c c). Nach geschehener Öffnung liegen die Thorflügel in den Thorkammernischen d d, welche zu beiden Seiten der Thorkammer e e sich befinden. Zwischen dem Drempel des oberen Thores und der Thorkammer des unteren Thores liegt die schon erwähnte Kammer g zur Aufnahme des zu befördernden Schiffes. Der Drempel des oberen Thores ist bei Fluß- und Kanalschleusen vielfach durch einen Abfallboden oder eine Abfallmauer f f begrenzt. Der oberhalb der Kammer liegende Schleusenteil heißt das Oberhaupt, der unterhalb gelegene Teil das Unterhaupt. Diese Bezeichnungen gehen zuweilen in Innen- und Außenhaupt über, wenn die Schleuse einen Kanal gegen einen Strom, einen See oder das Meer begrenzt. Um bei nötig werdenden Ausbesserungen der Thore oder anderer Schleusenteile einen möglichst einfachen wasserdichten Abschluß zu ermöglichen, werden an den beiden Häuptern i i Dammfalze an den Seiten von h h angebracht. In diese werden bei eintretendem Bedarf die Dammbalken wagerecht und dicht aufeinander gelegt, und so wird eine wasserabsperrende Wand gebildet, die das Auspumpen des Schleusenraumes gestattet.



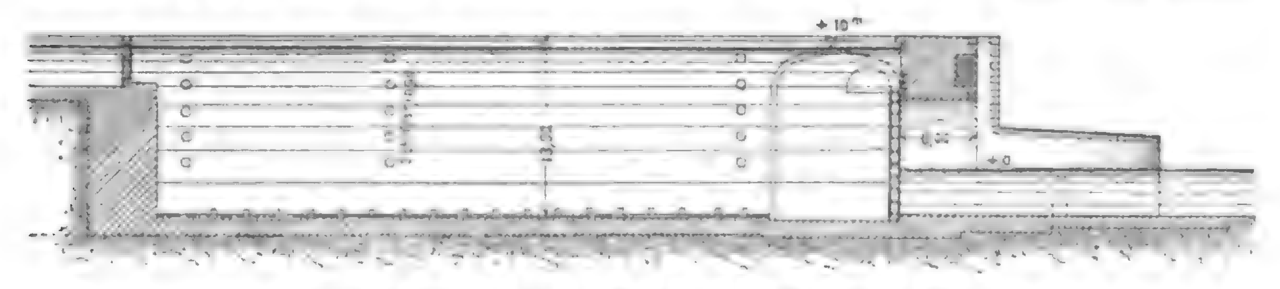
477. Kammerschleuse.

Eine gewöhnliche Kammerschleuse kann einen Höhenunterschied bis zu etwa 6 m überwinden. Die Aufeinanderfolge mehrerer Schleusen und Haltungen nennt man eine Schleusentreppe (siehe die Abb. 476). Wo das natürliche Gelände steil abfällt, rücken die einzelnen Schleusen nahe zusammen, mitunter so nahe, daß eine Schleuse unmittelbar auf die andere folgt. Es bildet dann das Unterhaupt der oberen Schleuse zugleich das Oberhaupt der unteren Schleuse. Solche zusammenhängende Schleusen nennt man Kuppelschleusen (s. Abb. 479). Handelt es sich um die Überwindung von größeren Gefällen, so wird die gewöhnliche Kammerschleuse zur Schachtschleuse umgebildet, bei der das Unterhaupt eine tunnelartige Ausfahrt bildet, so daß hier die Thore, wenn das Oberwasser auf sie wirkt, auch oben gestützt werden. Eine derartige Schleuse ist im Kanal von St. Denis bei Paris mit 9,92 m Gefälle ausgeführt worden, für den Donau-Moldau-Elbekanal sind solche mit 10 m Gefälle entworfen worden.

Nicht minder reich an Kanälen wie die Lombardei ist Holland. Die Natur des Landes zwang die Bewohner frühzeitig zur Erbauung von Deichen und Kanälen und ließ die Wasserbaukunst zu großer Vollendung gelangen. Den Beginn der Kanalbauten bildete hier die Herstellung von Abzugsgräben zur Trockenlegung des Landes. Die Leichtigkeit der Verkehrsausbildung auf diesen Wasserwegen führte zu deren stetiger Ver-

mehrung. Die günstige, fast durchgehend horizontale Gestaltung des Landes erleichterte in hohem Maße den Kanalbau. Nur bei den Einmündungsstellen der Kanäle in die Flüsse oder in die See wurde die Erbauung von Schleusen nötig. Die Kanäle der ersten Periode bestehen aus Gräben von hinlänglicher Wassertiefe und besitzen eine solche Breite, daß sich zwei der größten Schiffe bequem ausweichen können. Durch die Einführung regelmäßiger Verbindungen auf diesen Kanälen mittels von Pferden gezogener Trekschuiten erlangten diese Wasserwege bereits frühzeitig für den Personenverkehr beachtenswerte Bedeutung. Wie in den Vereinigten Niederlanden, so wurden auch in den österreichischen Niederlanden außerordentlich zahlreiche Kanalanlagen geschaffen. In dem im Jahre 1643 von Dubic angelegten Kanal von Dixmünden und Fortknoke nach Ypern wurde bei Boesynge eine Doppelschleuse zur Überwindung eines 20 Fuß hohen Gefälles angelegt, ein Bauwerk, das seiner Zeit mit Recht als ein Meisterwerk galt.

Frankreich beansprucht in der Geschichte des Kanalwesens einen hervorragenden Platz. Die ersten Versuche auf diesem Gebiete erfolgten innerhalb der Grenzen des heutigen Frankreich zu Neros Zeiten durch Lucius Vetus, der die Saône durch einen Kanal mit der Mosel verbinden wollte, um hierdurch eine Verbindung des Mittelländischen Meeres mit der Nordsee zu schaffen. Über das Anfangsstadium kam dieses Unternehmen jedoch nicht hinaus. In späterer Zeit wandte Karl der Große diesem Plan seine Aufmerksamkeit zu, wie denn auch Franz I. (1515—1547) die Ausführung eines solchen Verbindungsweges als äußerst wünschenswert erkannte. Noch fehlte jedoch das Mittel,



478. Schleuse mit 10 m Hubhöhe im Kanal von St. Denis.

durch welches allein die Möglichkeit der Führung eines Kanals über Berge, die 600 Fuß höher als die See lagen, gegeben wurde. Die Ausbildung der Kastenschleuse war eine unbedingte Voraussetzung der Verwirklichung eines jeden derartigen Gedankens. Unter Heinrich IV. (1589—1610) ward, vornehmlich auf Anregung des Ministers Sully, der erste Kanalbau in Frankreich thatsächlich im Jahre 1605 in Angriff genommen. Durch denselben wurde die Verbindung zwischen der Seine und der Loire durch den Kanal von Briare hergestellt. Der Kanal wurde jedoch erst unter Ludwig XIII. im Jahre 1642 vollendet. Im Jahre 1666 begann der Bau des berühmten Kanals du Midi. Diese Ausführung war keine leichte Aufgabe. Der Kanal verbindet die Garonne mit der Rhône und stellt somit eine Verbindung über Land zwischen dem Atlantischen Ozean und dem Mittelmeer her. Der Entwerfer des Kanals erkannte mit richtigem Blicke die Stellen, an welchen für die so notwendige Wasserspeisung Sorge getragen werden konnte. Mittels Thalsperren wurden die erforderlichen Wasserbehälter geschaffen, und der Wasserbehälter von St. Ferriol galt noch im vorigen Jahrhundert als das größte und prächtigste Werk, das von den Neueren geschaffen worden war. Dieser Wasserbehälter besitzt ein Fassungsvermögen von ca. 3000000 cbm, ein Quantum, das den Wasserinhalt des ganzen Kanals übersteigt. Der Kanal du Midi ist, wenn man von dem Stecknitzkanal absieht, das erste Werk, das zur Verbindung zweier Flüsse geschaffen wurde, die nicht durch einen horizontalen Wasserweg miteinander verbunden werden konnten. Mittels 74 Schleusen steigt der Kanal 180 m, durch 26 Schleusen fällt er zur Garonne 56 m. Im allgemeinen wird Paul Riquet als der Schöpfer genannt. Dies trifft jedoch nur insoweit zu, als man mit diesem Worte den ausführenden Unternehmer bezeichnen will. Der geistige Urheber ist François Andreossy (geb. 1633 zu Paris), ein Ingenieur, dessen Name in der Geschichte des Ingenieurwesens unvergessen bleiben wird.

François Andreossy ward am 10. Juni 1633 zu Paris geboren. Er widmete sich dem Studium der Mathematik und Mechanik. Im Jahre 1656 war er in Languedoc, 1660 ging er nach Italien. Im Alter von 27 Jahren unterbreitete er Riquet sein Projekt, 1664 legte Andreossy dem Chevallier de Clerville den detaillierten Entwurf nebst Kostenanschlag vor, der das Projekt 1666 zur Kenntnis des Königs brachte. Colbert, wie auch Ludwig XIV. wandten dem Unternehmen große Beachtung und Unterstützung zu.

Angeregt durch die Inaugenscheinnahme der französischen und namentlich der holländischen Kanalverbindungen wandte Peter der Große der Schaffung von künstlichen Wasserwegen in seinem ungeheuren, noch auf einer verhältnismäßig tiefen Stufe der Kultur stehenden Lande seine Aufmerksamkeit zu. Sein weiter Blick ließ ihn erkennen, welch großen Einfluß die Schaffung derartiger Verbindungswege auf die Hebung des Handels und der Industrie seines Volkes ausüben mußte.

In der That ist eine Betrachtung Rußlands in hohem Maße geeignet, die Bedeutung der Schaffung neuer Verkehrswege für die Hebung des Kulturstandes darzuthun. Durch die Erbauung von Wegen und Kanälen näherte sich Rußland im 17. und 18. Jahrhundert ganz wesentlich der abendländischen Kulturwelt. Bei der Einführung der Verkehrsanstalten dienten die Einrichtungen höher kultivierter Länder zum Muster. Durch Kunststraßen und Kanäle mußte das räumlich ungeheuer große russische Reich gleichsam kleiner gemacht werden, konnte doch nur durch derartige Kommunikationsanstalten es ermöglicht werden, daß der Einfluß einer höheren Zivilisation sich tiefer in das Reich hinein erstreckte. Im Anfange des 17. Jahrhunderts war von Kunststraßen noch gar keine Rede, außerordentlich spärlich war die Bevölkerung über das unermeßliche Gebiet gesäet. Die großen Entfernungen der Ortschaften voneinander trugen erklärlicherweise zur Erschwerung und Verteuerung der Wege bei. Der größte Teil der ackerbautreibenden und gewerbthätigen Landschaften Rußlands, sowie ein großer Teil des Waldgebiets gehören den Zuflußbecken der Wolga und des Dnjepr an. Bereits zur Zeit der Waräger bestand ein lebhafter Handel aus den Quellgebieten der beiden genannten Ströme nach den von den Hansestädten an der baltischen Küste errichteten Faktoreien. Bei diesem Transport mußten die Waren zum Teil über Land geschleppt werden.

Als Peter der Große sein Reich bis an das Meer ausgedehnt und den Plan gefaßt hatte, seine Hauptstadt an diesen Gestaden zu errichten, mußte in den bis dahin bestandenen urwüchsigen Zuständen eine Änderung eintreten. Francis Lee, ein englischer Geistlicher, verfaßte 1698, als Peter der Große in England weilte, für denselben einen Reformentwurf, dessen Durchführung verschiedenen Behörden übertragen werden sollte. Eine dieser Behörden sollte es sich angelegen sein lassen, die Natur zu vervollkommnen und zu diesem Zwecke, unter anderen Bauten, Kanalanlagen ins Leben rufen. Bereits etwas früher war der Anfang mit der Anlegung eines Kanalsystems im russischen Reiche gemacht worden. Im Jahre 1696 hatte Peter in Woronesh den Entwurf zur Verbindung des Don mit der Wolga bestätigt. Fürst Boris Alexejewitsch Galizyn sollte die Ausführung leiten, und 35000 Arbeiter wurden aus den nächstgelegenen Provinzen versammelt. Technischer Leiter war zuerst Thomas Baily, später der deutsche Ingenieuroberst von Brückel. Letzterer war der Sache nicht gewachsen, die erste Schleuse stürzte beim Einlassen des Wassers ein, und der Erbauer entfloh. John Perry, ein außerordentlich tüchtiger englischer Ingenieur, der im Jahre 1698 dem Zaren Peter bei dessen Anwesenheit in England empfohlen und von ihm mit 300 Pfund Gehalt in Dienst genommen worden war, setzte die Arbeit mit 12000 Arbeitern fort. Da derselbe jedoch in Rußland zwar außerordentlich viel Arbeit fand, aber keine Bezahlung erhielt, verließ er, als Mahnungsversuche nichts halfen, trotz der Drohung des Zaren, ihm den Kopf abschlagen zu lassen, das Land.

Bald nach der Gründung Petersburgs faßte Peter den Plan zur Schaffung einer Wasserstraße, die den neuen Hafen mit dem Landesinneren verbinden sollte. Im Jahre 1711 wurde der Kanal, welcher die Twerza (Nebenfluß der Wolga) mit der Msta (Nebenfluß des Wolchow) verbindet, vollendet. Die beiden Wasserstraßen, welche nach Peters Plänen die Wolga mit dem Ladogasee und St. Petersburg verbinden sollten, kamen erst unter Katharina II. und Paul zur Vollendung. Es ist namentlich das Verdienst des Grafen Sievers, daß dieses „Tichwinsche System“ und das „Marien-Kanalsystem“ fertiggestellt wurden. Auch die Verbindung des Dnjepr mit der bei Riga mündenden Düna ist auf die Anregung Sievers' zurückzuführen. Die letztere Kommunikation wurde durch den im Anfange dieses Jahrhunderts erbauten Beresinakanal bewirkt, während durch den Oginskikanal der Dnjepr mit dem Njemen verbunden wurde. Die Verbindung des Dnjepr mit dem bei Nowo Georgiewsk in die Weichsel mündenden Bug, der Königskanal, ist ein Werk des letzten polnischen Königs, Stanislaus August. Der das Stromgebiet der Weichsel von Narew aus mit dem Njemen verbindende Augustowoer-Kanal wurde gegen Ende des vorigen Jahrhunderts angelegt. Da der Oginskikanal und der Königskanal die Hafenstädte Memel, Königsberg und Danzig mit dem inneren Rußland in Verbindung setzen, so sind diese Wasserstraßen für den deutschen Handel von großer Wichtigkeit. Die südlichen russischen Ströme: Don, Dnjepr und Bug, sowie das „Kanalsystem des Herzogs Alexander von Württemberg“, durch welches die in das

Weiße Meer mündende Dwina durch den Bjelojesee mit dem Marien-Kanalsystem, d. h. also mit St. Petersburg und dem Wolgagebiet in Verbindung steht, sind von minderer Bedeutung.

In der Jetztzeit dient das Tichwinsche System, so nach der Stadt Tichwin genannt, fast ausschließlich der Flößerei. Es beginnt bei Rybinsk und mündet am Südrande des Ladogasees in den zu dem Marien-Kanalsystem gehörigen Ladogakanal. Das System von Wischni-Wolotschok verläßt bei Twer die Wolga und mündet in den Ladogakanal. Die Entfernung von Rybinsk bis St. Petersburg beträgt 1450 km, die Fahrzeuge gebrauchen 2½ bis 3½ Monate für die Zurücklegung des Weges. Die Länge des Marien-Kanalsystems beträgt von Rybinsk bis St. Petersburg 1160 km. Die Umgehung der verschiedenen Seen wie Onegasee, Ladogasee und Ilmen- und Bjelojesee, ist mit Rücksicht auf die Hemmnisse, welchen die Schiffahrt auf denselben bei heftigem Wind ausgesetzt ist, erfolgt. Das Beresina-Kanalsystem, das Oginski- und das Königs-Kanalsystem haben durch die von Südosten nach Nordwesten gerichteten, aus dem getreidereichen inneren Rußland sich nach den Ostseehäfen, Riga, Libau, Königsberg und Danzig erstreckenden Eisenbahnen einen Teil ihrer früheren Bedeutung verloren, jedoch sind sie noch immer für die Flößerei und den Getreidetransport von Wichtigkeit. Die mangelhafte Schiffbarkeit der genannten Kanalsysteme ist an dem Rückgang ihres Verkehrs in erster Linie schuld.

Als Projekt eines Riesenkanals kann man den in Rußland ernstlich erwogenen Gedanken der Schaffung einer künstlichen Schiffahrtsstraße zwischen dem Schwarzen Meer und der Ostsee nennen. Die Länge dieses Kanals würde das ansehnliche Maß von 1600 km ergeben. Der Kanal soll von Riga ausgehen, dem Laufe der Düna, der Beresina und des Dnjepr folgen und bei Cherson in das Schwarze Meer münden. In der Hauptsache wird es sich um die Vertiefung und Regulierung von Flußläufen handeln, nur zwischen Dünaburg und Lepel muß ein Kanal gegraben werden. Die Kosten sind auf 400 Millionen Mark veranschlagt.

Das russische Binnenschiffahrtsnetz besaß im Jahre 1896 die große Länge von 75 000 km. Hiervon können etwa 50 000 km für Schiff- und 25 000 km als Floßfahrt ausgenutzt werden. Die außerordentliche Bedeutung der Wasserstraßen für Rußland geht u. a. daraus hervor, daß in St. Petersburg beispielsweise die Hälfte der Güter auf dem Wasserwege ankommt. Diese Verhältniszahl gewinnt noch an Bedeutung, wenn man bedenkt, daß von Mitte November bis Mitte April die Binnenschiffahrt durch Frost unterbrochen ist.

Die im Lande vorhandenen großen Seen legten in Schweden den Gedanken zur Schaffung einer Schiffahrtsverbindung zwischen diesen und dem Meere nahe. Die ungünstigen topographischen Verhältnisse ließen lange die Verwirklichung dieses Planes als aussichtslos erscheinen, bedingte doch die hier auf dem Gebiet der Technik zu lösende Aufgabe Formen, welche neu zu schaffen waren. Bis zum heutigen Tage ist der Trollhättakanal bezüglich der Stauhöhe seiner Schleusen von keiner anderen Kanalanlage überholt worden, und die Polhemschleuse mit einem Fall von über 16 m nimmt noch immer den ersten Rang ein.

Bereits für eine frühe Zeit läßt sich für Schweden die Benutzung von aus Baumstämmen hergestellten Bahnen zum Transport von Schiffsfahrzeugen aus einem Gewässer in das andere nachweisen. Schon gegen Ende des 14. Jahrhunderts lenkte sich die Aufmerksamkeit auf die Schaffung einer Verbindung der Ost- und Nordsee mittels Benutzung der großen Landseen und der natürlichen Bodensenkung, welche das südliche Schweden vom Skagerrak bis zur Ostsee durchzieht. Im Jahre 1516 legte der Bischof von Linköping, Hans Brask, dem Könige ein Projekt zur Schaffung der Verbindung zwischen den beiden genannten Meeren vor. Die Einflüsse der Hansa hintertrieben bis zu Gustav Wasas Zeiten, 1523—1560, die Ausführung dieses Planes, der übrigens auch an der Unzulänglichkeit der technischen Hilfsmittel jener Zeit hätte scheitern müssen. Karl IX. ließ zur Verbindung des Wener- und Wettersees mit dem Kattegat den Karlsgraben herstellen, der noch jetzt einen bedeutsamen Teil des Trollhättakanals bildet. Gustav Adolf wandte den Wasserstraßen seines Landes große Beachtung zu und gab die Anregung zur Herstellung des Verbindungskanals zwischen dem Hjelmar- und Mälarsee. Dieses Werk (jetzt Kanal von Arboga genannt) mit 12 Schleusen wurde während der Minderjährigkeit seiner Tochter Christine vollendet. Die wesentlichste Förderung erfuhr das Unternehmen unter Karl XII., unter dessen Regierung die Ingenieure Södenborg und Polhem thätig waren, welche versuchten, die Trollhättafälle durch Schleusenanlagen zu umgehen. Durch Treibholz wurde 1755 der große Schutzdamm dieser Arbeiten zerstört, und das Unternehmen blieb bis 1793 ruhen, in welchem Jahre eine Gesellschaft die Mittel zur Anlegung der jetzt „alte Schleusen" genannten Werke ausbrachte.

Die Trace der Kanalverbindung, deren Hauptglied der Trollhättakanal bildet, ist die folgende. Von Stockholm geht die Fahrt durch den Mälarsee in den Fluß und Kanal

von Arboga und von hier aus in den Hjelmarsee, der weitere Lauf geht durch den Schwartsfluß und durch verschiedene Verbindungskanäle kleinerer Seen in den großen Wenersee. Von dem letzteren geht der Kanal durch den Karlsgraben in die Göta-Elf nach Gotenburg und in die Nordsee. Die östliche Fortsetzung der Kanalanlage vom Wenersee durch den Wettersee zur Ostsee stammt in der Hauptsache von dem Freiherrn Baltzar Bogislaus von Platen und Daniel Thunberg her. Die Eröffnung dieser Linie, welche von Gotenburg bis Mem an der Ostsee eine Länge von 387 km besitzt, erfolgte im Jahre 1832. Der Kanal weist im ganzen 58 Schleusen auf. Die 5 Schleusen (Graf Tessin-, Graf Eckeblad-, Polhem-, Elvius- und Gustav-Schleuse) in dem Thal der Göta-Elf sind es, die dem Trollhätta- und Götakanal seine Berühmtheit verliehen haben. Die Schleusen sind durchgehends in Felsen eingehauen. Bei der Polhemschleuse ist durch einen in die Felsen eingehauenen Kanal von 240 Fuß Länge, 20 Fuß Breite und 10 Fuß Tiefe eine Verbindung mit dem Flusse oberhalb des berühmten Trollhättafalles hergestellt. Die Schleuse ist 60 Fuß lang und hat eine Breite von 20 Fuß und eine Tiefe von 64 Fuß. Vom unteren Ende geht ein 160 Fuß langer unterirdischer Kanal ab. Diese im Jahre 1800 der Benutzung übergebenen Schleusen dienen jetzt nur dem kleinen Verkehr. Neben denselben sind in den Jahren 1836—1844 von Nils Ericsson 11 neue Schleusen, die Schleusen von Akersvaß erbaut worden. Wie die topographische Gestaltung infolge der großen Höhendifferenzen der Tracierung Schwierigkeiten bereitete, so schuf der Baugrund, der entweder aus Felsen oder einem Gemisch von Gerölle und Erde besteht, der Ausführung Hindernisse, die nur mit Mühe bewältigt werden konnten.

Der schwedische Wasserverkehr besteht zu mehr als 90% aus Rohprodukten, wie Holz, Kohlen, Erze, Getreide, Thon und Erden, deren Bewegung nicht an eine bestimmte Jahreszeit gebunden ist. Diese sämtlichen Artikel können auf Vorrat aufgespeichert werden, wodurch die lange Eisperiode weniger von Bedeutung ist. Im Winter dienen die zugefrorenen Kanäle und Gewässer zum Transport der Hölzer, Erze u. s. w. nach allen Plätzen und Punkten der Wasserstraßen.

Der bedeutendste Kanal Norwegens ist der in den Jahren 1889—1892 mit einem Aufwand von 3 Millionen Kronen erbaute Bandakkanal in Telemarken. Dieser künstliche Wasserweg beginnt bei Ulefos und überwindet den 57 m betragenden Höhenunterschied des Wasserstandes der Nordsee und des Bandaksvand durch 17 Schleusen. An dem Vrangfos, der eine Höhe von 33 m hat, sind 6 Schleusen hintereinander zur Ausführung gekommen, von welchem die beigefügte Abb. 479 eine Darstellung gibt.

Der Entwickelung des englischen Kanalbauwesens ist bereits in der Einleitung gedacht. In Irland begann 1770 die „Grand-Kanal-Gesellschaft“ und im Jahre 1789 die „Royal-Kanal-Gesellschaft“ das Land mit Kanälen zu durchziehen. Die Wasserläufe des Barrow, Shannon, Boyne, Erne und Siffey wurden untereinander durch weitverzweigte Kanäle verbunden. Infolge der überaus schlechten Wegeverhältnisse erhielt in Irland der Passagierverkehr auf den Kanälen eine höhere Bedeutung und erfuhr daher eine weitergehende Entwickelung als in Großbritannien, woselbst sich allerdings auch eine Passagierbeförderung zwischen Edinburg und Glasgow und zwischen London und Birmingham mittels „Swift boats“ entwickelte und sich sogar ein Vergnügungsverkehr auf dem Bridgewaterkanal ausbildete. Auf dem letzteren war bereits von dem Herzog von Bridgewater durch eigene Boote ein Passagierverkehr eingerichtet worden. Zweimal wöchentlich fand mittels einer gedeckten Barke die Personenbeförderung zwischen Runcorn und Manchester statt. Als Zugkraft wurden Pferde benutzt, die ganze Strecke wurde in 8 Stunden durchfahren.

Man würde irren, wollte man glauben, die Herstellung dieser zahlreichen Kanalanlagen sei ohne Widerstand von jenen Seiten erfolgt, die durch diese Schöpfungen in ihren Erwerbsverhältnissen geschädigt wurden. Bereits das Konzessionsgesuch der Kanalanlage Manchester-Liverpool stieß im Parlamentsausschuß auf heftigen Widerstand. Die Besitzer der Mersey- und Irwell-Schiffahrtsgesellschaft ließen keine Mittel unversucht, um diese Angelegenheit zu Falle zu bringen, jedoch waren alle Anstrengungen vergebens. Immer wieder waren es die Pferdetreiber, die bei jedem neuen Kanalprojekte ihre Stimme

dagegen erhoben. Einer derselben machte allen Ernstes den Vorschlag, keinen Kanal näher als 6,5 km an eine Fabrik oder an einen Handelsort heranzuführen, da nur in diesem Falle die gleiche Anzahl von Pferden und Treibern, wie in früheren Zeiten, beschäftigt werden könnte.

Zu der großen und plötzlichen Thätigkeit im Kanalbau hat nicht wenig der ungewöhnliche finanzielle Erfolg des ersten Kanalunternehmens des Herzogs von Bridgewater beigetragen, bezog doch der Herzog schon im zweiten Jahre aus diesem Unternehmen eine Prämie von 20% des aufgewandten Anlagekapitals von 5200000 Mark. Die Spekulation bemächtigte sich, angelockt durch den klingenden Erfolg, des Kanalbaues. Unabhängig von den natürlichen Wasserläufen und in gewissem Sinne unabhängig gemacht

479. Der Bandakkanal in Telemarken.

von der Terrainbeschaffenheit, führten die Ingenieure in allen Teilen des Königreiches künstliche Wasserstraßen aus. Doch führte das den Unternehmern dieser Verkehrsadern gesetzlich zustehende Recht zur Erhebung von Wegzöllen, welches sich im Beginn des englischen Kanalbauwesens als ein überaus förderndes Moment erwiesen hatte, in der Folgezeit zu Entartungen. Da die Unternehmer vermöge der ihnen erteilten Parlamentsakte berechtigt waren, das Tonnengeld nach der Anzahl der zurückgelegten Meilen zu erheben, so erblickten sie in einer möglichst ausgedehnten Längenführung des Kanals einen ihnen günstigen Umstand, den sie nach Kräften ausnützten. In dem Jahrzehnt 1750 bis 1760 wurden 9 (hierunter noch 7 Flußregulierungen) 1760—1770 = 13; 1770 bis 1780 = 10; 1780—1790 = 5 und 1790—1800 = 40 Unternehmungen konzessioniert. In der Zeit von 1800—1830 wurden nur noch 29 neue Unternehmungen ins Leben gerufen.

Wie alle Erscheinungen dieser Erde ein Beginnen, ein Ansteigen zeigen, um allmählich den höchsten Punkt ihrer Entwickelung und Bethätigung zu erreichen, so bietet

Digitized by Google

auch der hier vorliegende Gegenstand ein solches Bild. Auch hier folgte dem Blühen ein Stillstand und sodann ein Abwelken. Allmählich brach in England eine wahre Kanalbauwut an, und ihre Folge war, daß manche dieser Unternehmungen zusammenbrachen, ehe noch der erste Spatenstich gethan war. In den Jahren 1791—1793 wurden nicht weniger als 100 Kanalunternehmungen begründet, kaum ein Viertel der Projekte kam zur Ausführung.

Nach dem 1890 erschienenen Blaubuch haben die gesamten Binnenwasserwege des Vereinigten Königreichs eine Ausdehnung von 3813 englischen Meilen, d. d. 6100 km. In diesem Längenmaß sind die kanalisierten Flüsse wie Themse, Weaver, Mersey, Severn u. s. w. mit einbegriffen. Schottland besitzt 150 Meilen = 240 km. Hiervon entfällt die Hälfte auf den Crinan- und Caledoniankanal, welche auf Staatskosten erbaut sind und mit Verlust betrieben werden. Ein Übelstand ist es, daß zahlreiche Kanäle sich im Besitze von Eisenbahngesellschaften befinden, welche sie gleichsam aushungern lassen.

Im Anschluß an die englischen Kanäle dürfte der durch englischen Einfluß entstandenen Wasserstraßen in Indien und Kanada zu gedenken sein.

Zu den bedeutendsten Kanalbauten in den englischen Kolonien gehört der neue Gangeskanal und die Wiederherstellung des Delhikanals, der um die Mitte des 18. Jahrhunderts gänzlich in Verfall geraten war. Die Hungersnot der Jahre 1837 und 1838 gab den Anstoß zur Schaffung des Gangeskanals, eines riesenhaften Unternehmens, durch welches nicht nur dem Wassermangel in trocknen Jahren und somit dem Ausbruch von Hungersnot nach Möglichkeit vorgebeugt, sondern auch gleichzeitig eine Aufschließung der zwischen dem Ganges und dem Jumna liegenden Landschaft durch Schiffahrtskanäle erfolgen sollte. Im Jahre 1847 war der Plan nach endlosen Schwierigkeiten so weit festgestellt, daß er 1848 in Angriff genommen werden konnte. Um den Hauptkanal und die Zweigkanäle stets hinreichend mit Wasser versehen zu können, war es erforderlich, dem Ganges das Wasser an einer Stelle zu entnehmen, an welcher die Wasserführung stets eine genügende ist. Als Anfangspunkt wurde die Stadt Hurdwar gewählt, woselbst der Ganges in die hindostanische Ebene eintritt Der Wassergehalt beträgt hier 220 cbm pro Sekunde. Das abzuführende Wasserquantum wurde auf 180 cbm festgesetzt, so daß dem Strome nur ein kleiner Teil seiner Wasserfülle verblieb. Die Länge des Kanals beträgt 500 km. Er zieht sich in den Douablandschaften zwischen Ganges und Jumna über Allyghur zur Stadt Cawupore (etwa 224 km oberhalb Allahabad am Vereinigungspunkt des Ganges und des Jumna) hin. Der Kanal besitzt im Anfange eine Breite von 52 und eine Tiefe von 3 m. Im weiteren Verlaufe nehmen diese Dimensionen, dem abgeleiteten Wasser entsprechend, immer mehr ab. Das schwierigste und bedeutendste Bauwerk ist der Solani-Aquädukt; der Kanal mußte nämlich über den Solanifluß mittels einer Überbrückung geleitet werden, um in die Douabebene eintreten zu können. Die Einweihung des Aquädukts wurde am 8. April 1854 zu Roorkhee festlich begangen. Zu diesem Akte fanden sich 500000 Menschen aus den verschiedensten Völkerschaften und Stämmen zusammen, Sikhs, Bangalesen, Rohillas, Afghanen, Mahrattas und viele andere. Die Kosten dieses Kanalbaues werden auf $1^1/_2$ Million Pfund Sterling veranschlagt.

Die günstigen Verhältnisse, welche für Nordamerika die Küstengliederung des Atlantischen Ozeans, die weitgestreckten Stromsysteme und die großen Landseebecken gewähren, wurden von den Eingewanderten bald erkannt. Washington, „der Vater des Vaterlandes“, und De Witt Clinton waren eifrige Beförderer der New Yorker Kanalbauten. Bereits im vorigen Jahrhundert wurde der Ausführung des Planes, die ozeanische Küste mit den Hauptflüssen und den Landseen durch künstliche Wasserstraßen zu verbinden, näher getreten. Zahlreiche Kanäle entstanden, bis in den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts eine Stockung in deren Bau eintrat. Man begann um die Mitte dieses Jahrhunderts der Regulierung der großen mächtigen Ströme besondere Beachtung zuzuwenden und für diese Arbeiten große Summen aufzuwenden. Seit 1865 steht die Leitung der Arbeiten dem „Army and Navy Departement“ zu, an dessen Spitze der „Chief of Engineers of United States“ steht.

Für die Großindustrie und die Landwirtschaft kommt in erster Linie das ausgedehnte Kanalnetz in Betracht, durch welches der nordöstliche Teil des Unionsgebietes aufgeschlossen worden ist. Mosler unterscheidet in seiner Abhandlung über die Wasserstraßen in den Vereinigten Staaten von Amerika, die folgenden Kanalsysteme: 1. das Kanalsystem des Staates New York, welches den Erie-, Ontario- und Champlainsee mit dem Hudson und durch diesen mit New York verbindet; 2. die von dem Anthracitdistrikt Pennsylvaniens geführten Einzelkanäle; 3. die den Ohio und den oberen Mississippi mit dem Erie- und

Michigansee in Verbindung setzenden Einzelkanäle der Staaten Ohio, Indiana, Illinois und Wiskonsin.

Den größeren Teil der amerikanischen Kanäle bilden sogenannte „Lateralkanäle“, d. h. Schiffahrtswege, die hier und da aus eigentlichen Kanälen mit dazwischen liegenden Strecken kanalisierter Flußläufe bestehen. Nur der kleinere Teil besteht aus Verbindungskanälen. Der Bau der künstlichen Wasserstraßen ist teils durch die Einzelstaaten, teils durch Aktiengesellschaften erfolgt. Die Staatskanäle werden entweder in Regie verwaltet oder verpachtet, auch ist ein Teil derselben verkauft worden. Die Verhältnisse einer Reihe amerikanischer Kanäle sind ganz besonderer Art, indem sie Eigentum großer Eisenbahngesellschaften sind, so daß daher für ihren Betrieb und ihre Ausnutzung vielfach die Rücksichten auf die von diesen Gesellschaften betriebenen Eisenbahnlinien maßgebend sind. Die Eisenbahnen weisen den Kanälen nur so viel Fracht zu, als sie nicht selbst auf eigenen Bahnen mit ihren Betriebsmitteln bewältigen können. Auf diesen Umstand ist die für manche Kanäle bemerkbare Abnahme in der Benutzung zurückzuführen. Da die Kanäle meist nicht voll ausgenutzt werden, so machen sich die großen Unterhaltungskosten, die eine Folge der unsoliden Bauweise sind, um so mehr geltend.

480. **Brownsche Hebezeuge zum Ausheben des Chicagokanals.**

Die Länge des unter 1. aufgeführten Kanalsystems beträgt 1500 km. Die Gesamtkosten des Eriekanals werden zu 187647700 Mark angegeben. Derselbe ist mit den besten Einrichtungen zum Laden, Löschen, Durchschleusen, Wiegen der Schiffe und dergleichen versehen. Bei Albany sind ausgedehnte Anlagen zur Holzverfrachtung hergerichtet, sogenannte Holzgärten, die durch Stichkanäle mit dem Hauptkanal in Verbindung stehen. Im Jahre 1876 wurden seine 72 Schleusen in Zwillingsschleusen, d. h. je zwei nebeneinander liegende Schleusen, umgewandelt. In diesen Hauptkanal münden der Oswego-Blackfluß und Champlainkanal von Norden und der Geneseethalkanal, der Chemungkanal, der Crookedseekanal, der Cayuga- und Senecakanal, endlich der von Süden kommende Chenangokanal. Drei dieser Kanäle (Geneseethal-, Chenango- und Blackflußkanal) sind in den Besitz von Eisenbahngesellschaften übergegangen und als Wasserstraßen aufgegeben worden.

Das pennsylvanische Kanalnetz läuft von den drei Anthracitbezirken: dem Schuylkill-, Lehigh- und Wyomingbecken strahlenförmig aus und verzweigt sich in die Flußgebiete des Susquehanna, Delaware und Hudson. Die Länge dieses Netzes ist 1260 km mit 569 Schleusen. Zu demselben gehören: der Lehighkanal 77 km, der Delaware-Divisionkanal 97 km, die Schuylkillkanalisierung, der Unionkanal, der Susquehannakanal, der Pennsylvaniakanal, der Delaware- und Hudsonkanal. An die beiden erstgenannten Kanäle schließen sich der Morris- und Essexkanal an. Der Morriskanal (165 km) wurde 1832 eröffnet. Derselbe ist durch eine Reihe eingeschalteter schiefer Ebenen bemerkenswert, auf welchen die Schiffe, ähnlich wie bei dem ostpreußischen oberländischen Kanal, auf hölzernen Schlitten bewegt werden. Die vorhandenen 23 Ebenen haben ein Gesamtgefälle von 426 m.

Digitized by Google

Von den Küstenkanälen sind zu erwähnen: der Delaware-Raritankanal, der Chesapeake-Delawarekanal, der Albemarle- und Chesapeakekanal. Die Konkurrenz der Eisenbahnen hat bewirkt, daß dieselben in den Hintergrund getreten sind, und hierauf ist es zurückzuführen, daß die Einrichtungen der pennsylvanischen Kanäle mangelhaft sind.

Von den südlichen Kanälen ist das großartigste Unternehmen der Chesapeake-Ohiokanal. Der Vollendung dieses kühnen Unternehmens haben sich bis jetzt unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg gestellt. Durch den Kanal sollte die Chesapeakebucht mit dem Ohio bei Pittsburg verbunden werden. Die fertiggestellte Strecke enthält eine im Jahre 1876 in Betrieb genommene schiefe Ebene, auf welcher die Schiffe in Trogschleusen bewegt werden. Das durch die schiefe Ebene überwundene Gefälle beträgt 11,7 m.

Die Kanäle des Mississippibeckens, der Ohiokanal, der Miamikanal, der Wabash-Eriekanal, der Illinois-Michigankanal, haben ebenfalls von ihrer einstigen großen Bedeutung viel eingebüßt. Während die Binnenkanäle in den Vereinigten Staaten infolge der eigenartigen Verhältnisse der Eisenbahnkonkurrenz nicht die Spitze zu bieten vermögen, halten die sonstigen Wasserstraßen: die Küsten- und Seekanäle, die großen Landseen und die schiffbaren Ströme in dem fast übermächtigen, mit allen erdenklichen Mitteln geführten Konkurrenzkampf erfolgreich Stand. Der Mississippi-Michigankanal schafft eine Verbindung des Mississippi und des Michigansees, und zwar unter Mitbenutzung des Illinois-Michigankanals. Dieser letztere Kanal geht von Chicago nach dem Illinoisfluß, in welchen er bei Hennepin mündet. Dieser 154 km lange Kanal stellt eine Verbindung mit dem unteren Mississippi her, während der 103 km lange Illinois-Mississippikanal eine solche mit dem oberen Flußlauf bewirkt. Auf die Kanalverbindung mit den großen amerikanischen Seen ist bereits auf S. 419 (Abschnitt Wasserstraßen: „Flußläufe und Flußschiffahrt") kurz hingewiesen worden.

Bereits im vorigen Jahrhundert wurde der Versuch gemacht, die Stromschnellen bei Sault Saint Mary (zwischen Oberen und Huron See) durch einen Umgehungskanal mit Schleuse für die Schiffahrt wirkungslos zu machen. Diese Schleuse konnte auf die Dauer dem sehr stark zunehmenden Verkehr nicht genügen, und in neuester Zeit ist daher hier eine mächtige Schleusenanlage entstanden. Durch diese Schleuse gingen:

1882 = 2 029 000 t Waren.
1892 = 11 214 000 „ „

Aber auch diese Schleusenanlagen erwiesen sich infolge der ganz außerordentlichen Verkehrsentwickelung bereits wenige Jahre nach ihrer Inbenutzungnahme als nicht ausreichend. In den letzten Jahren sind daher noch größere und leistungsfähigere Schleusenwerke erbaut worden. Durch die Eröffnung der neuen Schleusen ist 6 m tiefgehenden Schiffen der Verkehr zwischen dem Oberen- und dem Huronsee ermöglicht worden. Die Verbindung zwischen dem Huron- und Eriesee bildet der Detroitfluß. Zur schiffbaren Verbindung des Erie- und Ontariosees wurde 1825—1827 der Wellandkanal erbaut.

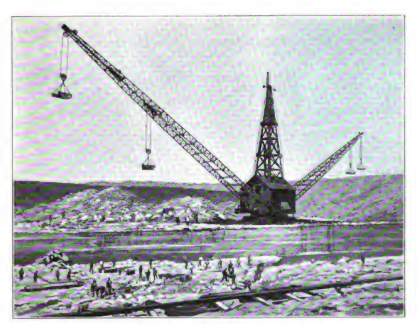
Von den kanadischen Seen führen zwei Schiffahrtswege nach dem Atlantischen Ozean, der Lorenzstrom und der Eriekanal. Der Lorenzstrom besitzt einen 288 km langen, sehr wechselvollen Lauf. Um den Flußlauf überhaupt der Schiffahrt voll erschließen zu können, mußten Umgehungskanäle hergestellt werden. Die ersten dieser Kanäle kamen schon 1779 bis 1783 zur Ausführung. Sie wurden wiederholt erweitert, jedoch erst der 1821—1825 erbaute Lachinekanal besaß eine für längere Zeit genügende Leistungsfähigkeit. Die fortgeschrittene Entwickelung des Wasserverkehrs in unseren Tagen hat neue Kanalanlagen erforderlich gemacht, die von Kanada unter Aufwendung von 100 Millionen Mark geschaffen wurden. Der Eriekanal genügt trotz wiederholter Umbauten nicht und liegt gegenwärtig still.

Ob das Riesenprojekt, den Eriekanal auf 5,5 m Wassertiefe und solche Breite zu bringen, daß die die oberen Seen befahrenden Schiffe von Duluth, Chicago u. s. w. direkt bis New York durchfahren können, dereinst zur Ausführung kommen wird oder nicht, ist im gegenwärtigen Augenblick nicht mit Bestimmtheit zu sagen. Dieses Projekt, von welchem sich New York so manchen Vorteil verspricht, steht gegenwärtig im Mittelpunkt der Diskussion.

Wenn auch der Entwässerungskanal von Chicago, wie der Name sagt, in der Hauptsache der Entwässerung der genannten Stadt zu dienen bestimmt ist, so soll doch dieses gewaltige Unternehmen auch Schiffahrtszwecken dienstbar gemacht werden.

Der Chicagoer Entwässerungskanal ist insofern von besonderem Interesse, als bei seiner Ausführung eine große Anzahl bemerkenswerter Baumaschinen zum Transport von Erde und Felsen zum erstenmal zur Anwendung kamen. Wenn diese Maschinen auch keine größeren Leistungen ermöglicht haben, als sie mit den zur Zeit in Deutschland gebräuchlichen Arbeitsmaschinen erzielt werden, so weisen sie doch durch ihre Anpassung an die amerikanischen Verhältnisse besondere Konstruktionen auf, die volle Beachtung verdienen. Die Abb. 480 bis 482 zeigen einige der in erster Linie zu nennenden Konstruktionen. Abb. 480 stellt ein Brownsches Hebezeug, Abb. 481 einen Riesenkran und Abb. 482 eine Seilbahn dar.

Kehren wir in unserer Betrachtung wieder nach Europa zurück, so dürften, bevor auf die Gestaltung des Kanalbauwesens dieses Erdteils in der neuesten Zeit eingegangen wird, noch kurz die entsprechenden Leistungen in Frankreich und Deutschland am Ende des 18. und zum Beginn des 19. Jahrhunderts zu berühren sein.



481. Riesenkran zum Ausheben des Chicagokanals.

482. Drahtseilbahn für den Bau des Chicagokanals.

Digitized by Google

Napoleon entfaltete auf dem Gebiete des Kanalbaues die gleiche umfangreiche Thätigkeit wie auf dem des Straßenbaues. Unter seiner Herrschaft kam der bereits unter Ludwig XV. begonnene Kanal von St. Quentin 1810 zur Vollendung. Dieser Kanal, durch welchen die Seine mit der Schelde verbunden wird, besitzt sowohl bei St. Quentin wie bei Cambrai Tunnelstrecken. Unter Napoleons Herrschaft kamen ferner zur Ausführung: der Kanal von Jemappes, von Sedan und Burgund, der Napoleonskanal, die Kanäle von Arles und Beaucaire, von Carcassonne und des Landes, die Kanäle der Ille und Rance, der Kanal Blavet und von Nantes nach Brest. Napoleon hatte ferner den Plan, eine Verbindung des Rheins mit der Trave und hierdurch mit der Ostsee zu schaffen.

Durch das Gesetz vom 20. Mai 1802 wurde bestimmt, daß der Ertrag der Schiffahrtsabgaben denjenigen Fluß- oder Kanalstrecken wieder zu gute kommen sollte, für deren Benutzung sie entrichtet waren. Die Kriege Napoleons verschlangen jedoch den größten Teil dieser Beträge, ja um seine Armeen zu unterhalten, verkaufte Napoleon sogar den Kanal du Midi, die Kanäle von Orleans und St. Quentin, von Loing und den Kanal du Centre.

Von 1814—1830 wurden für 149 Millionen Frank Kanäle von 900 km Länge erbaut, in der Zeit von 1830—1848 wurden 341 Millionen Frank für den Neubau von Wasserstraßen verausgabt. Unter dem zweiten Kaiserreich fand zunächst der Ausbau des Eisenbahnnetzes statt, und erst seit 1860 wandte sich die Gunst wieder den Wasserstraßen zu. Beim Ausbruch des Krieges von 1870 war der größere Teil der Kanäle wieder in den Händen des Staates. Unter dem zweiten Kaiserreich kamen der Kanal von St. Louis, der Saarkohlenkanal und der Kanal der oberen Marne in Betrieb, und die für die Wasserstraßen aufgewandten Geldmittel betrugen für die Zeit von 1852 bis 1870 239 Millionen Frank.

Durch die Ereignisse der Jahre 1870/71 erlitt die französische Binnenschiffahrt eine Abschwächung, durch den Verlust von Elsaß-Lothringen erfuhr das Kanalnetz eine Einschränkung von 401 km. Wichtige Teile des Rhein-Rhône, des Rhein-Marnekanals, sowie der Saarkohlenkanal wurden von ihm losgelöst. Es ist namentlich dem Ingenieur und Minister Freycinet zu danken, daß von neuem das französische Kanalwesen eine weitere Ausbildung erhalten hat. Wenn auch nicht alle in dem sogenannten großen Freycinetschen Programm (das am 5. August 1879 zum Gesetz wurde) enthalten gewesenen Projekte ihre Erfüllung gefunden haben, so ist doch ein guter Schritt vorwärts gethan. Als das bedeutendste Ergebnis dieser Bestrebungen ist die Vereinheitlichung des französischen Binnenschiffahrtsnetzes zu bezeichnen.

Von den nach dem Kriege geschaffenen Kanälen ist der bedeutendste der Ostkanal. Von weiteren Kanälen sind zu nennen: der Kanal von Havre nach Tancarville, von der Aisne zur Oise (48 km), von der Marne zur Saône (151 km) und vom Doubs zur Saône.

Der Kanal de l'Est (Ostkanal) zieht sich in einer Länge von 500 km an der deutsch-französischen Grenze hin und verbindet die drei Flußthäler der Maas, Mosel und Saône miteinander. Diese Anlage setzt sich aus einzelnen Kanalstrecken und kanalisierten Flußstrecken zusammen. Besonders interessant ist die Anordnung der aus dem Moselthal aufsteigenden Schleusentreppe von Golbey. Hier wird eine enge Mulde durch 14 Querdämme in 14 stufenartig übereinander liegende, durch Schleusen miteinander verbundene Teiche geteilt. Eine zweite derartige Schleusentreppe befindet sich auf dem Saôneabhange. Mächtige Wasserreservoire dienen zur Aufspeicherung des Wassers.

Neben dem Ruhme, von allen Kulturvölkern das in sich geschlossenste Wasserstraßennetz zu besitzen, gebührt Frankreich die erste Stelle hinsichtlich der Binnenschiffahrtsstatistik. Die französische Binnenschiffahrtsstatistik ist eine so eingehende, daß für ihre Erhebungsarbeit 270 Arbeitskräfte erforderlich sind. Im Vordergrund steht hierbei jedoch nicht die Ermittelung des Güterumtausches, sondern das Streben, die Leistungen der einzelnen Wasserstraßen festzustellen. Man ist bemüht, eine möglichst genaue Ermittelung der Transportleistungen auf allen Teilen des ausgedehnten Wasserstraßennetzes zu erlangen. Die Länge der schiffbaren Wasserstraßen beträgt 12971 km. Hiervon entfallen 4805 km auf Kanäle, 7518 km auf natürliche Wasserläufe. Die Differenz muß auf durch Korrektion oder Umbau gesperrte Schiffahrtswege gerechnet werden.

Auf diesem Wasserstraßennetz sind im Jahre 1893 25504330 t Güter verfrachtet worden, wovon auf Kanäle 14816607 t entfallen.

Die lebhaftesten Kanal- und Flußstrecken sind die folgenden:

1. Kanalstrecken:

St. Quentinkanal	4 698 451 t
Haute-Deûlekanal und Zweigkanal	4 626 174 „
Seitenkanal der Oise	3 818 333 „
Airekanal und Zweigkanäle	2 909 072 „
Marne-Rheinkanal und Zweigkanäle	2 588 278 „
Sensékanal	2 578 477 „

2. Flußstrecken:

Seine innerhalb Paris	4 834 840 „
Seine von der Grenze des Seine-Marne- und des Seine-Oise-Departements bis Paris	3 856 980 „
Seine unterhalb Paris	3 003 189 „
Kanalisierte Oise	2 823 026 „
Scarpe, von Courchelettes bis Fort de Scarpe	2 748 885 „

Der Binnenschiffahrtsverkehr Frankreichs in Bezug auf dessen Nachbarländer gestaltete sich folgendermaßen:

	Belgien	Deutschland	zusammen
Einfuhr von	1 850 823 t	319 873 t	2 170 696 t
Ausfuhr nach	766 633 „	345 160 „	1 111 803 „
zusammen:	2 617 456 t	665 043 t	3 282 499 t

In diesem internationalen Handelsverkehr spielt die Kohle für die Einfuhr die Hauptrolle.

Von Interesse sind die das Verhältnis der Wasserstraßen zu den Eisenbahnen illustrierenden Zahlen.

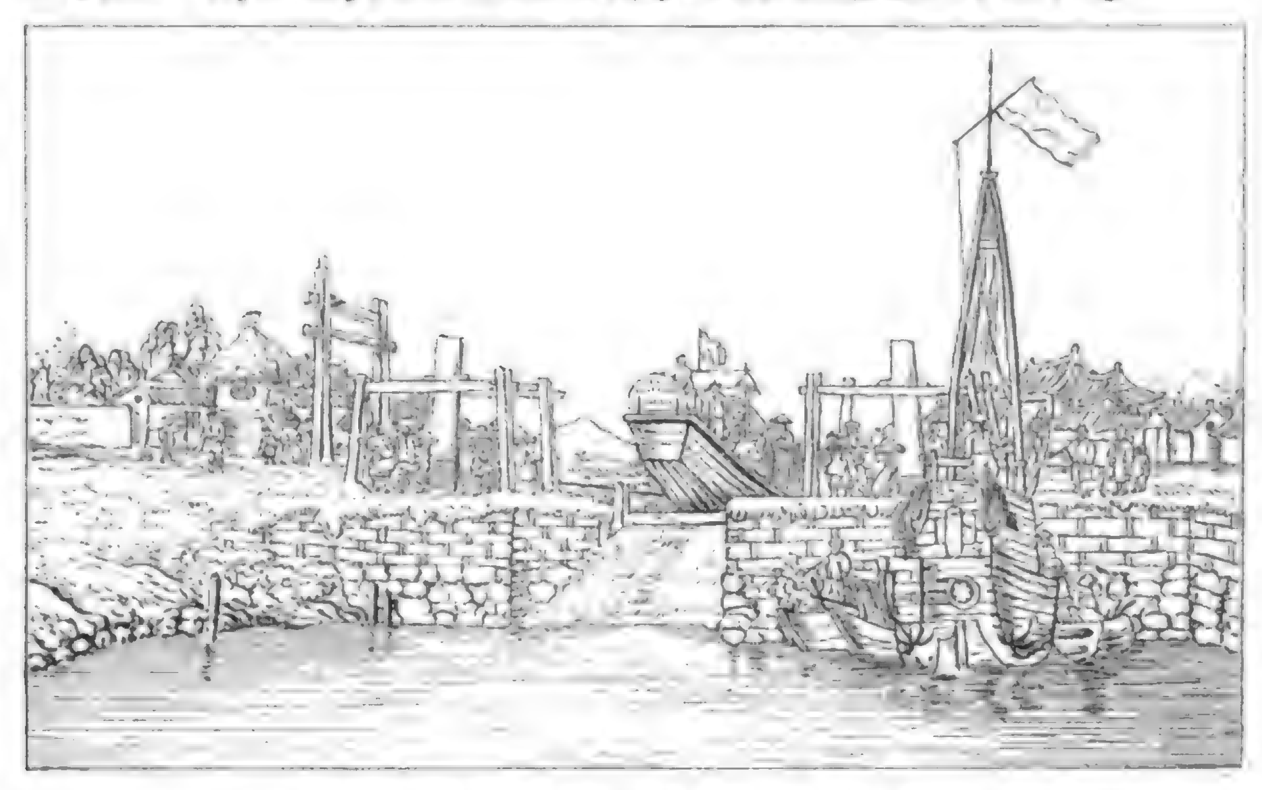
Jahr	Länge des im Betrieb stehenden Netzes in km		Gesamtgüterverkehr in Tausenden von Tonnenkilometern		Durchschnittsverkehr auf einen Wegkilometer	
	Eisenbahnen	Wasserstraßen	Eisenbahnen	Wasserstraßen	Eisenbahnen	Wasserstraßen
1882	25 670	12 230	10 984 607	2 264 586	445 818	185 166
1886	30 696	12 403	9 314 346	2 798 461	303 438	225 628
1890	33 285	12 372	11 867 725	3 216 073	355 885	259 948
1893	35 360	12 323	12 274 177	3 603 663	347 219	292 433

Was den Kanalbau in **Deutschland** anbetrifft, so waren bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts Schiffahrtskanäle nur in einem sehr bescheidenen Umfange zur Ausführung gekommen. Zu nennen sind außer dem schon oben erwähnten Stecknitzkanal und dem Alsterkanal, der Kanal zwischen der Oder und Spree, sowie die Schleusenanlagen der Saale und der Weser bei Hameln. Dieser im Vergleiche mit anderen Staaten, insbesondere mit Frankreich unbedeutende Umfang des früheren Kanalnetzes muß einerseits auf die Zerstückelung des Deutschen Reichs in politischer Hinsicht und auf den früher herrschend gewesenen Partikularismus zurückgeführt werden, anderseits fehlte die Erkenntnis der hohen wirtschaftlichen Bedeutung künstlicher Wasserstraßen. Nur langsam trat ein Umschwung in diesen traurigen Verhältnissen ein.

In Preußen reichen die Bemühungen zur Schaffung eines Kanals bis zu den Zeiten des Kurfürsten Joachim II. zurück. Dieser Fürst verabredete mit Kaiser Ferdinand I. im Jahre 1558 zu Frankfurt a. M. die Grabung eines Kanals von der **Spree** nach der **Oder**. Laut eines Vergleiches wollte der Kaiser die Wasserstraßen, soweit seine Herrschaft reichte, bauen lassen, d. h. von der Spree bis zur Müllroser Brücke, von hier ab hatte der Kurfürst die Fortsetzung bis zur Oder übernommen. Die Bauausführung wurde seitens Ferdinands auch thatsächlich begonnen, über das Anfangsstadium scheint dieser Graben jedoch nicht hinausgekommen zu sein. Erst ein Jahrhundert später wurde die Herstellung dieser künstlichen Wasserverbindung wieder aufgenommen, und zwar war es der Große Kurfürst, Friedrich Wilhelm, der die Arbeit im Jahre 1662 unter Leitung des kurfürstlichen General-Quartiermeisters und Hauptmanns zu Biegen, Philipp de **Chiese**, beginnen ließ. Anfang 1668 war das Werk vollendet. Mit der Durchfahrt wurde 1669 der Anfang gemacht, nachdem zuvor von seiten des Kurfürsten den Kaufleuten zu Breslau und Hamburg die Zusicherung gegeben war, daß außer den bestehenden Zöllen zu Müllrose, Fürstenwalde und Berlin keine neuen Auflagen gemacht werden sollten. Da sich die hölzernen Schleusen nicht als haltbar genug erwiesen, begann man 1699 dieselben durch **steinerne** zu ersetzen.

Dem Kurfürsten Friedrich III. verdankt die erste steinerne Schleuse der Saale ihre Entstehung. Hölzerne Schleusen hat es in diesem Flußlauf schon seit dem Mittelalter, sicherlich seit 1306 gegeben. Die Bauart derselben blieb immer mangelhaft und wandelbar, weshalb der genannte Kurfürst zur Hebung der Saaleschiffahrt bei Trotha eine steinerne Schleuse erbauen ließ, deren Grundsteinlegung 1694 geschah. Bis 1698 wurden weitere 6 steinerne Schleusen in der Saale erbaut. — Unter Friedrich II. von Preußen kam 1774 der Bromberger Kanal zur Vollendung, durch welchen die Weichsel mit der Netze, Warthe und so mit der Oder verbunden ist, und die Oder wurde mit der Havel durch den Finowkanal in Verbindung gesetzt (1743—1746). Der Friedrichs- oder Plauesche Kanal, der die Wasserfahrt zwischen Berlin und Magdeburg auf die Hälfte abkürzte, wurde 1743 gebaut.

In Bayern kam der angeblich schon von Karl dem Großen geplante Verbindungskanal zwischen Main und Donau unter König Ludwig I. in den Jahren 1834—1848 zur Ausführung. Diese den heutigen Verhältnissen nicht mehr Rechnung tragende Wasserstraße hat eine Länge von 176 km und erstreckt sich von Kehlheim an der Mündung der Altmühl in die Donau über Nürnberg nach Bamberg. Die Anlagekosten betrugen über 16 Millionen Gulden. Gegenwärtig plant man einen Ersatz der sehr mangelhaften Kanalanlage.



483. Chinesische Rollbrücke. Nach einem chinesischen Originale.

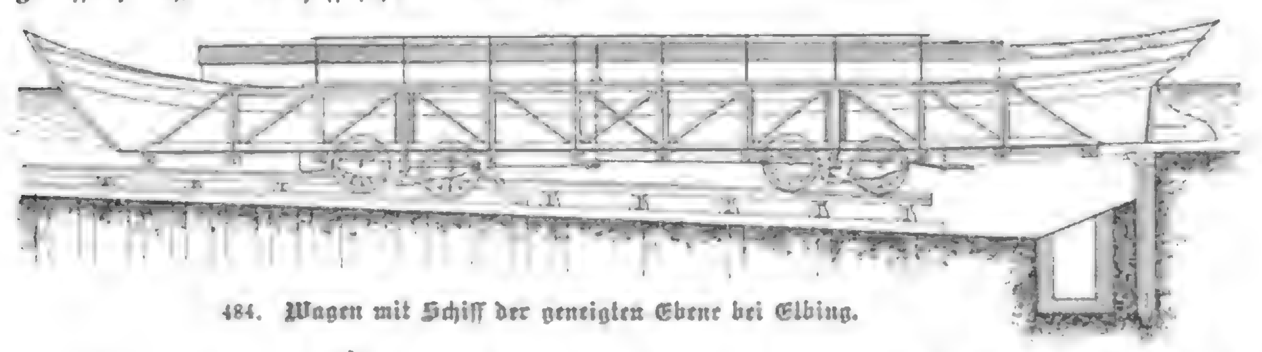
In den Jahren 1844—1861 wurde in Preußen der Oberländische Kanal zwischen Osterode und Elbing in der Provinz Ostpreußen geschaffen. Diese Schöpfung erfreute sich einst infolge des hierbei zur Anwendung gekommenen Systems der geneigten Ebene eines besonderen Rufes, der durch neuere Kanalbauten etwas verdunkelt worden ist. Die Entwerfer des Plans waren der Oberbaurat Severin und der Baurat Steenke. Der Kanal verbindet die oberländischen Seen untereinander und mit dem Drausensee und dient der Ausfuhr von Teer, Kartoffeln, Roggen, Wolle, Spiritus, Flachs und namentlich Holz. Die hier liegenden Forsten nehmen eine Fläche von 51000 ha ein. Zwischen dem Drausensee und dem Pinnau- und Samrodtsee galt es eine Höhendifferenz von 110 m zu überwinden. Zwischen Güldenboden bei Elbing und dem Pinnausee wurde eine sogenannte „geneigte Ebene“ angelegt, worauf näher einzugehen ist.

Ist nämlich das durch einen Kanal an einer Stelle zu überwindende Gefälle so bedeutend, daß man auch mit Schleusen von der größten Stauhöhe, als welche zur Zeit eine solche von 10 m bezeichnet werden muß, nicht zum Ziele kommt, so muß von anderen Hilfsmitteln Gebrauch gemacht werden, als welche geneigte Ebenen (Schiffseisenbahnen) und Hebewerke zu nennen sind.

Bereits im Altertume kamen verschiedene Anlagen zur Ausführung, um die Schiffe über Landengen oder Landstrecken hinwegzuschaffen. Besondere Bedeutung besaß der

Diolkos auf der Landenge von Korinth. Mit Vorliebe machten die Chinesen von den sogenannten „Rollbrücken“ Gebrauch. Ebenso wurden in Holland seit langer Zeit kleine Boote auf schlüpfrigem Boden mittels Winden kleinere Erhebungen hinauf und hinunter geführt. Im Anfange des neunzehnten Jahrhunderts vervollständigte Reynolds diese Transportvorrichtung, indem er die Boote auf Wagen beförderte. Derselbe erbaute in England einen Kanal mit einer geneigten Ebene von 22 m Gefälle. Bei den geneigten Ebenen werden die Schiffe unmittelbar auf Wagen geladen oder in fahrbare Schleusenkammern gebracht und mit Seilen oder Ketten aus einer Haltung in die andere befördert. Die Einrichtung ist meist so getroffen, daß zur Ersparung von Kraft gleichzeitig ein Schiff bergauf und eins bergab befördert wird. Das Gewicht des abwärts rollenden Wagens wird durch das Einlassen von Wasser in einen Behälter erhöht.

Geneigte Ebenen ohne bewegliche Kammern. Bei den älteren Anlagen schließt der obere Kanal mit einer Kammer ab, in die Schiff und Wagen einfahren. Bei den neueren Anlagen befindet sich zwischen den beiden Haltungen ein wehrartiger Rücken, von dem aus je eine geneigte Ebene nach dem Oberwasser und dem Unterwasser führt. Diese beiden Ebenen tragen eine bis unter den Wasserspiegel reichende Eisenbahn. Das Aufbringen der Schiffe geschieht dadurch, daß man den Wagen auf der unter Wasser fortgesetzten Bahn so weit hinabläßt, daß das Schiff schwimmend über ihn gelangen kann. Durch Anziehen des Wagens setzt sich das Schiff allmählich auf ihn und wird fortgezogen. Wenn es in die andere Haltung gelangt ist, so wird der Wagen so weit unter Wasser gelassen, daß das Schiff schwimmen kann.



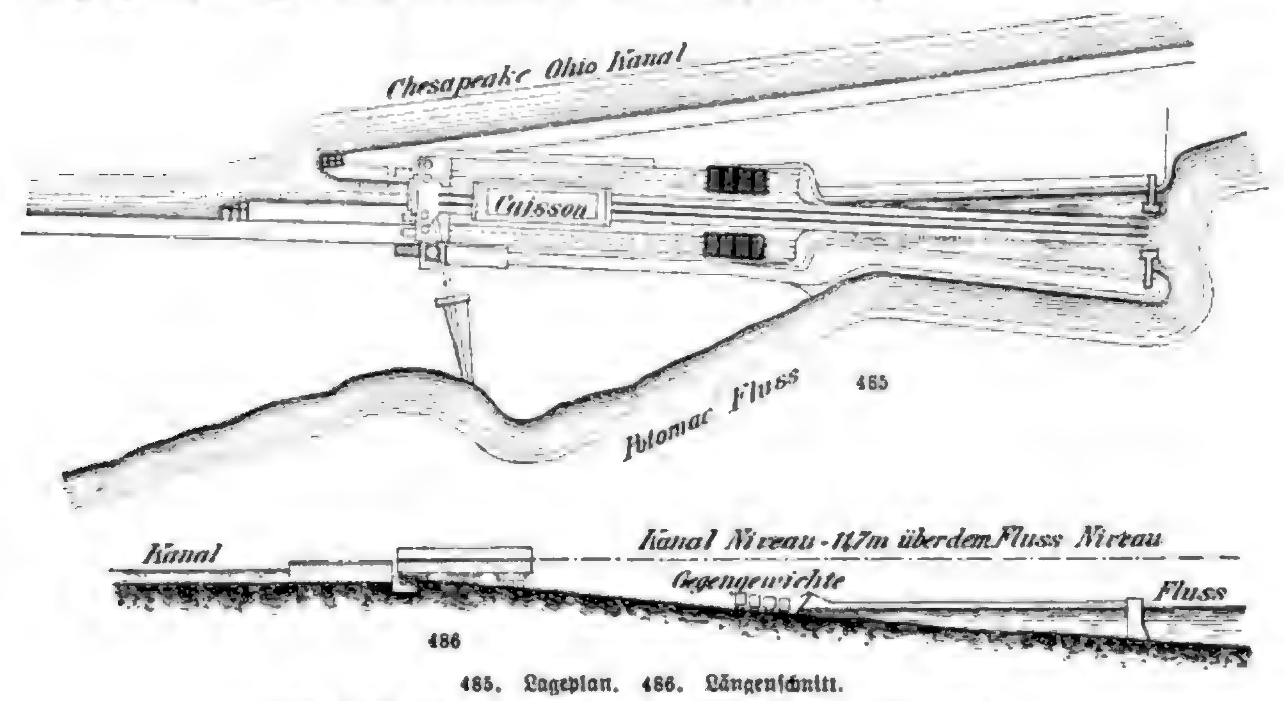
484. Wagen mit Schiff der geneigten Ebene bei Elbing.

Die geneigten Ebenen ohne bewegliche Schleusenkammern haben den Nachteil, daß die Schiffe während der Beförderung nur an einzelnen Punkten unterstützt sind, ferner, daß dem Seitendrucke, den die Ladung auf die Schiffswände ausübt, während der Überführung aus einer Haltung in die andere der Wasserdruck nicht mehr entgegenwirkt, weshalb der Seitendruck während der Dauer der Überführung eine schädlichere Wirkung ausübt, als im schwimmenden Zustande des Schiffes. Um dem ersten Übelstande zu begegnen, empfiehlt Bellingrath die Anwendung eines sechsundfünfzigrädrigen Wagens, dessen Boden gegliedert ist und durch Preßkolben gestützt wird. Das Schiff schwimmt hierbei nebst seiner Unterstützung, die sich dem Schiffsboden anschmiegt, auf einer stark gepreßten Flüssigkeit.

Um die Wichtigkeit einer guten Unterstützung der Schiffe beim Herausnehmen aus dem Wasser verstehen zu können, muß man bedenken, daß der Boden der Fluß- und Kanalschiffe im Laufe des Betriebes eine wechselnde und unregelmäßige Gestalt annimmt, weil er der verhältnismäßig geringen Schwimmtiefe wegen nicht wie bei den Seeschiffen mit einem versteifenden Kiele versehen werden kann. Wenn das Schiff beladen wird, so biegt es sich nach unten durch, weil der mittlere Teil des Schiffes schwerer wird, als die Enden, wenn es aber entladen wird, so biegt es sich nach oben durch. Diese Beweglichkeit hat natürlich eine Lockerung des Gefüges zur Folge, und so kommt es, daß die Durchbiegungen mit dem Alter des Schiffes zunehmen und bei alten Schiffen bis zu 50 cm betragen. Der Körper eines Fluß- und Kanalschiffes ist also nicht starr und muß, namentlich beim Herausnehmen aus dem Wasser, mit großer Vorsicht behandelt werden.

Hieraus geht hervor, wie zweckmäßig es sein muß, die Schiffe beim Überschreiten schiefer Ebenen nicht aus dem Wasser zu nehmen, sondern in großen mit Wasser gefüllten

Behältern, Kammern zu befördern. Dies erfolgt bei den **geneigten Ebenen mit beweglichen Schleusenkammern**. Derartige Anlagen sind zuerst auf dem Monkland-Kanale bei Glasgow in England im Jahre 1849 für Schiffe bis zu 21,3 m Länge eingerichtet worden. Das zu überwindende Gefälle beträgt 29 m, das Steigungsverhältnis der Ebenen 1 : 10, die Länge zwischen den Kanalhaltungen 293 m. Die Schleusenkammern und die sie tragenden Wagen bestehen ganz aus Eisen. Die Wagen haben zehn Achsen (20 Räder) von 0,457 bis 0,914 m Durchmesser. Die in der Abb. 485 u. 486 dargestellte „Dodgeschleuse" bei Georgetown in Nordamerika vermittelt die Schiffahrt zwischen dem Chesapeake-Ohio-Kanal und dem Potomac-Fluß durch Überwindung eines Höhenunterschiedes von 11,7 m. Die dort verkehrenden Kähne haben bis 1,52 m Tauchtiefe, 4,39 m Breite, 27,4 m Länge und 135 Tonnen Tragfähigkeit und werden von wagerecht ruhenden, 2,39 m hohen, 5,1 m breiten und 34,12 m langen fahrbaren Kammern aufgenommen, die auf je drei, mit je zwölf Rädern versehenen Untergestellen ruhen. Auf der 1 : 12 geneigten Schiffseisenbahn werden die fahrbaren Kammern mit Hilfe von Gegengewichtswagen durch eine kleine Betriebsmaschine bewegt.



485. Lageplan. 486. Längenschnitt.

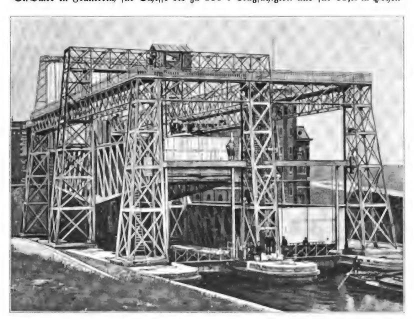
485 u. 486. Die Dodgeschleuse bei Georgetown in Nordamerika.

In der neueren Zeit sind mehr die hydraulischen Hebevorrichtungen, welche die senkrechte **Hebung der Schiffe** vermitteln, in den Vordergrund getreten. Ein solches **Hebewerk** ward zuerst in den 30er Jahren des 19. Jahrhunderts am Grand-Western-Kanal angewandt, welcher die Themse mit dem Severn verbindet. Es dient zur Hebung und Senkung kleiner, nur acht Tonnen ladender und nur zu Thal fahrender Kähne und überwindet 14 m Höhenunterschied. Die Bewegung der hölzernen Kammern erfolgt dadurch, daß der oberen Kammer durch Wasserzuführung ein Übergewicht von etwa 1000 kg gegeben wird. Die hierauf beginnende Bewegung wird durch eine an der mittleren Scheibe befindliche Bremsvorrichtung geregelt. Die Dauer einer Schleusung beträgt etwa 3 Minuten.

Eine andere Einrichtung zeigt das Hebewerk bei Anderton für Schiffe bis zu 100 t Tragfähigkeit, welches zur Verbindung des Flusses Weaver mit dem Trent- und Mersey-Kanale dient und 15,35 m Höhe überwindet. Seine beweglichen zwei Kammern ruhen auf je einem Preßkolben von 0,915 m Durchmesser, die sich in Preßcylindern bewegen; letztere sind im Boden versenkt. Die beiden Preßcylinder sind durch Rohre verbunden, so daß das Druckwasser von einem Cylinder in den anderen übergehen kann und darauf ruhende, gleichgroße Lasten sich das Gleichgewicht halten. Wenn eine Kammer durch Wasserübergewicht gesenkt wird, wird gleichzeitig die andere gehoben. Die Kammern

sind 22,87 m lang, 4,72 m breit und haben 1,5 m Wassertiefe. Der Trent- und Mersey-Kanal ist durch einen 49,4 m langen eisernen Aquädukt bis an das Hebewerk geführt. Das zu hebende Gewicht beträgt mit Ausnahme des Preßcylinders 235 t, das Heben erfolgt in acht Minuten. Die Anlage ist seit 1875 in Betrieb, 1881 trat durch den Bruch eines Preßcylinders eine Betriebsstörung von einmonatlicher Dauer ein. Die Wiederherstellung soll 20 000 Mark gekostet haben. Die ganze Anlage hat nahezu 1,4 Millionen Mark Baukosten verursacht, die Betriebskosten sollen 1880 10 400 Mark betragen haben.

Ähnliche Anlagen bestehen am Kanal de Neufossé in der Nähe von Fontinettes bei St. Omer in Frankreich für Schiffe bis zu 300 t Tragfähigkeit und für 13,13 m Höhen-



487. Hebewerk von La Louvière für Schiffe bis 400 Tonnen.
Fallhöhe 15,4 m. Ansicht der Thalfahrt.

unterschied, ferner bei La Louvière am belgischen Mittelkanale für Schiffe bis zu 400 t Tragfähigkeit und für 15,4 m Höhenunterschied.

Da bei allen diesen Hebewerken die Schleusenkammern auf je einem Preßkolben ruhen, so läßt sich die Einrichtung dort nicht mehr verwenden, wo es sich um noch größere Schiffe handelt, wie sie u. a. auf den neuen Binnenkanälen in Deutschland verkehren, denn die Unterstützung der etwa 70 m langen Kammern oder Tröge durch einen Kolben würde wenig sicher werden, und die Preßkolben würden zu große Abmessungen erhalten müssen. Ferner würde aber der Kanal, ohne daß die Stärke des Verkehrs es verlangte, von vornherein zur Ausgleichung des toten Gewichtes mit doppelten Schleusenkammern angelegt werden müssen, was bei der Größe der Anlagen natürlich mit ganz erheblichen Kosten verknüpft wäre. Man erbaute deshalb das Hebewerk des Dortmund-Emskanales bei Henrichenburg von 14 m Hubhöhe und für Schiffe von etwa 600 t derart, daß die Schleusenkammer durch Schwimmer unterstützt wird, welche zugleich der ganzen toten Last das Gleichgewicht halten.

488. **Schiffshebewerk bei Henrichenburg.**

Blick von der unteren Kanalhaltung gegen das Schiffshebewerk. Der Schleusentrog mit einem darin schwimmenden Schiff fährt zu Thal.

Digitized by Google

489. **Schiffshebewerk bei Henrichenburg.**

Blick von der oberen Kanalhaltung auf das Schiffshebewerk. Der Schleusentrog befindet sich vor der oberen Haltung. Ein Schiff fährt in den Schleusentrog ein, um nach der untern Kanalhaltung, die etwa 14 m tiefer liegt, befördert zu werden.

Digitized by Google

Dieses von der Firma Haniel & Lueg in Düsseldorf (Oberingenieur Gerdau) konstruierte und ausgeführte Hebewerk hat die nachstehende Anordnung: Die eigentliche Schleuse besteht aus einem Wassertroge von 70 m Länge, 8,6 m Breite und 2,5 m Wassertiefe, der in einer ebensolangen Brücke hängt. Letztere wird von fünf Schwimmern getragen, die in ebensoviel mit Wasser gefüllten Schächten auf- und absteigen können. Die Schwimmer tauchen vollständig in das Wasser ein, und ihr Auftrieb ist der von ihnen zu tragenden Last (Trog, Brücke u. s. w.) genau gleich. Auftrieb und Last befinden sich also innerhalb der Schleusenhubhöhe in jeder Höhenlage im Gleichgewichte. Ein geringes Über- oder Untergewicht bewirkt eine auf- oder absteigende Bewegung der Schwimmer, der Brücke und des von ihnen getragenen Troges. Wird z. B. dem Troge etwas Wasser zugeführt, so sinkt er hinab, wird dem Troge Wasser entnommen, so steigt er hinauf.

Das Über- oder Untergewicht an Wasser im Troge wird dadurch hergestellt, daß man den Trog an die obere Haltung etwas zu tief anfährt, so daß aus derselben Wasser in den Trog einlaufen kann, an der unteren Haltung aber zu hoch anfährt, so daß Wasser aus dem Troge abläuft. Durch diese einfache, durch Schraubenführung leicht ausführbare Betriebsweise ist eine Bewegung der Trogschleuse ohne großen äußeren Kraftaufwand möglich.

Der Trog ist an jedem Ende durch ein senkrecht bewegliches Thor abgeschlossen, welches sich mit einer Gummidichtung auf Leisten am Trogende auflegt. Ebenso sind die Enden der oberen und unteren Haltung abgesperrt. Befindet sich der Trog vor einer Haltung, und soll ein Schiff aus- oder einfahren, so werden beide Thore gleichzeitig gehoben. Dabei muß das Trogende so dicht an die Haltung anschließen, daß kein Wasser entweichen kann. Dies wird durch eine außerhalb der Thordichtungsleisten gelegene keilförmige Dichtungsfläche bewirkt, gegen welche sich das Trogende mit schrägem Rande anpreßt.

Zur Regelung der Bewegung des Troges, zur Erhaltung seiner wagerechten Lage und zum Schutze des Hebewerkes dienen vier, zu einem Getriebe vereinigte 24,6 m lange, 0,28 starke Schraubenspindeln, die an einem Führungsgerüste angebracht und deren Muttern mit der Trogbrücke verbunden sind. Durch eine Antriebsmaschine mit Übertragungswellen können die Schraubenspindeln in gleichmäßige Umdrehung versetzt werden. Für gewöhnlich haben die Schraubenspindeln nur den Zweck der sicheren Führung des durch Über- oder Untergewicht an Wasser bewegten Troges. Es kann aber vorkommen, daß der Trog undicht wird, sein Übergewicht verliert oder sogar leer läuft, oder daß mehrere Schwimmer volllaufen, die gewöhnliche Art der Trogbewegung also vorübergehend unmöglich wird. Deshalb ist die Antriebsmaschine so stark, daß sie den Trog bei dem Fehlen von Über- oder Untergewicht selbst bewegen kann. Ferner sind die Schraubenspindeln so stark bemessen und so sicher gelagert, daß selbst bei einem vollständigen Leerlaufen des Troges der ganze Auftrieb der Schwimmer von ihnen ebenso sicher aufgenommen werden kann, wie bei einem Volllaufen mehrerer Schwimmer die entstehende Überlast. Der Antrieb der vier Schraubenspindeln, der Spille und der übrigen Bewegungsvorrichtungen des Hebewerkes, Schützen u. s. w. erfolgt durch elektrische Kraft, welche in einer Primärstation von etwa 220 Pferdestärken erzeugt wird.

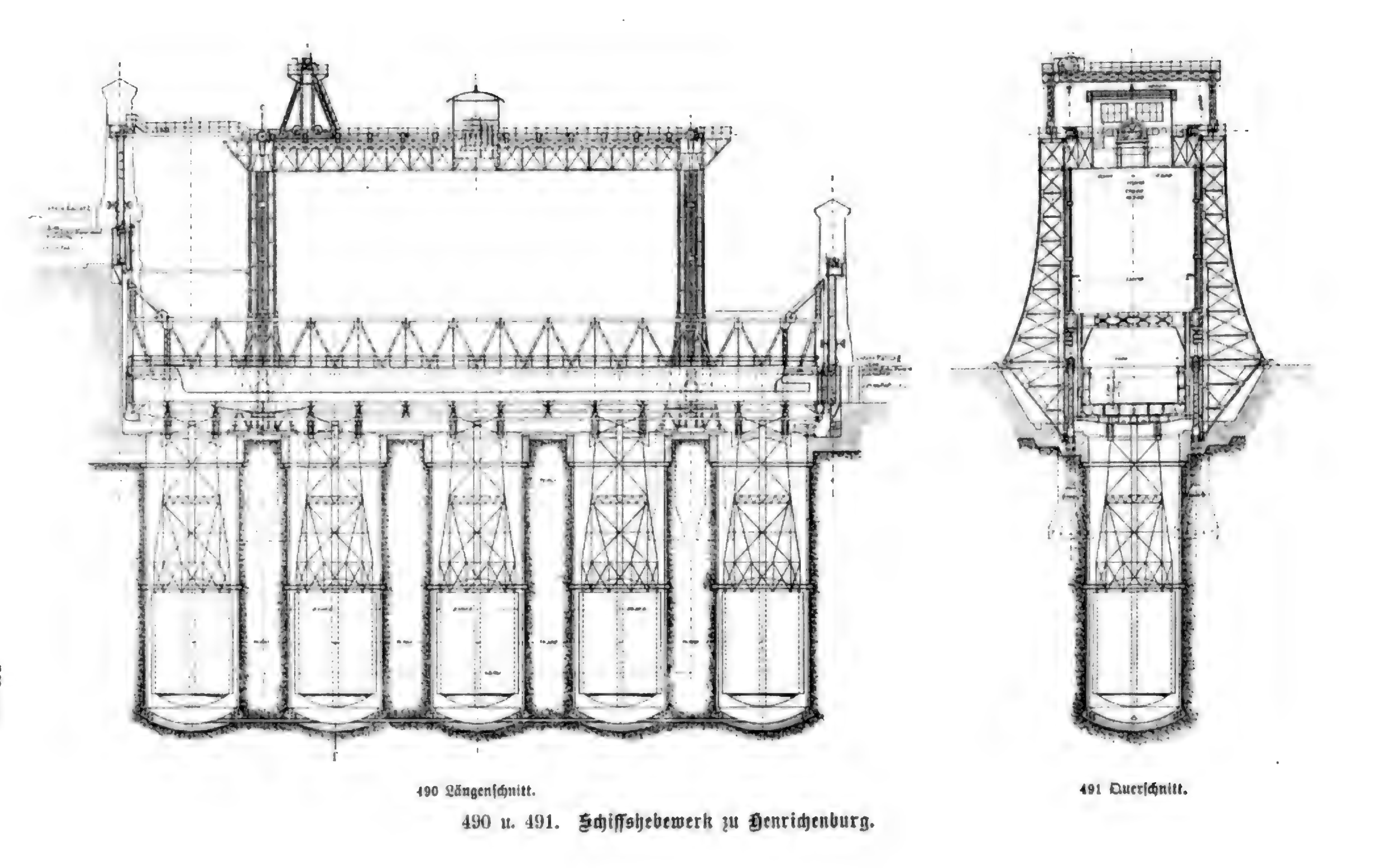
Erwähnenswert ist noch ein vom Bauinspektor a. D. Meyer herrührender Vorschlag der Förderung von Kanalschiffen zwischen zwei Kanalstrecken mit erheblichem Höhenunterschiede auf einer mit Lokomotiven zu befahrenden, flach geneigten Eisenbahn, und zwar entweder schwimmend in Schleusenkammern oder unmittelbar auf Unterlagen (hydraulischen Pressen). In letzterer Weise war die Schiffseisenbahn von Tehuantepec geplant, welche die Landenge von Mexiko überschreiten sollte und 215 km Länge erhalten haben würde. Ausgeführt ist eine derartige Anlage noch nicht.

Nach dem jetzigen Stande der technischen Wissenschaft kann man annehmen, daß Kammerschleusen bis zu 6 m, Schachtschleusen bis zu 10 m, lotrechte Hebewerke bis zu 20 m Gefälle und darüber hinaus nur schiefe Ebenen angewandt werden können. Von Hebewerken wird man im allgemeinen nur dann Gebrauch machen, wenn die Forderung einer möglichst weitgehenden Wasserersparung zu erfüllen ist. Die Konstruktion der Schiffseisenbahnen kann nicht als abgeschlossen betrachtet werden.

Zusammenstellung der geneigten Ebenen und ausgeführten Hebewerke.

I. Geneigte Ebenen.

	Schiffslänge m	Schiffsbreite m	Tragfähigkeit der Schiffe t	Hubhöhe m
Morris-Kanal in Nordamerika . .	24	3,2	70	bis 30,0
Elbing-Oberländer Kanal	24,5	3	50—70	„ 25,5
Monkland-Kanal in Schottland . .	21,34	4,36	70—80	„ 29,3
Chesapeake Ohio-Kanal in Nordamerika	27,4	4,39	135	„ 11,7
Biwaseekanal in Japan	—	—	—	„ 35,0



490 Längenschnitt. 491 Querschnitt.

490 u. 491. Schiffshebewerk zu Henrichenburg.

II. Hebewerke.

	Hubhöhe m	Länge des Trogs m	Breite des Trogs m	Tragfähigkeit der Schiffe t
Grand Western-Kanal	14	—	—	8
Anderton am Weaver in der Nähe von Liverpool, erbaut 1875 . . .	15,35	22,87	4,72	100
Les Fontinettes in Nordfrankreich, erbaut 1882—1887	13,13	40,6	5,6	300
La Louvière im Canal du Centre, erbaut 1886—1887	15,4	43,2	5,8	400
Henrichenburg bei Dortmund, vollendet 1899.	bis 16	70	8,6	600

In Deutschland ist in den beiden letzten Jahrzehnten eine außerordentlich rege Thätigkeit auf dem Gebiete der künstlichen Wasserstraßen entfaltet worden, die zu einem nicht geringen Teil den Anstrengungen des „Zentral-Vereins für Hebung der deutschen Fluß- und Kanalschiffahrt" zu danken sind. Der Streit, ob die Eisenbahn oder der Kanal den Vorzug verdient, ist bisher nicht zum endgültigen Austrag gekommen, und ebensowenig ist bisher eine Einstimmigkeit darüber zu erzielen gewesen, ob auf den künstlich hergestellten Wasserstraßen eine Gebühr zu erheben ist, oder nicht. Die Wage schwankt auf und ab, und neuerdings tritt zur Bestürzung der Kanalfreunde Preußen wieder mit dem Versuch hervor, auf dem kanalisierten Main Benutzungsgebühren einzuführen.

Von den in den letzten Jahrzehnten erbauten Kanälen sind zu nennen: Rostock-Güstrowkanal, Ems-Jadekanal, Oder-Spreekanal, Dortmund-Emskanal und Elb-Travekanal.

Kanalprojekte liegen zur Zeit in Deutschland resp. Österreich und Belgien in größerer Zahl vor, doch ist es bis jetzt unbestimmt, wann dieselben zur Ausführung gelangen werden. Als die bedeutenderen sind zu nennen: Großschiffahrtsweg Berlin-Stettin, Rhein-Weser-Elbkanal (der sogenannte Mittellandkanal), Elster-Saale-Elbkanal, der Leipzig mit der Elbe verbinden soll, Donau-Oder- und Donau-Moldau-Elbkanal, Elb-Kielkanal, Rhein-Scheldekanal, Rhein-Maas- und Rhein-Nierskanal, Oder-Warthekanal, Donau-Mainkanal. Von diesen Projekten steht in Deutschland neben dem Großschiffahrtsweg Berlin-Stettin das des Mittellandkanals im Vordergrunde.

Wie das kühne Projekt existiert, Rom und Paris zu Seehäfen zu machen, so hat man auch davon geträumt, einst Seeschiffe in den Hafenbassins von Berlin zu sehen. Dieses Ziel verfolgen zwei Projekte Für das erste hat man im wesentlichen eine Verbindung durch die Elbe und eine Vertiefung dieses Stromes ins Auge gefaßt, das zweite Projekt sieht eine Verbindung mit der Ostsee durch die Oder vor. Die nüchterne Erwägung hat vorläufig derartige Projekte, deren Verwirklichung einen enormen Kostenaufwand bedingen würde, wiederum von der Bildfläche verschwinden lassen. Die Bestrebungen konzentrieren sich zur Zeit auf die Herstellung des Großschiffahrtsweges Berlin-Stettin für Schiffe mit 600 t Tragfähigkeit. Bis jedoch auch eines der für diesen Großschiffahrtsweg ausgearbeiteten Projekte verwirklicht sein wird, werden noch manche Jahre ins Land gehen.

Bis jetzt besitzt Berlin zwei Verbindungen mit dem Meere, eine nach Hamburg und eine nach Stettin über den Finowkanal. Sodann besteht zwischen Stettin und Berlin eine Schiffahrtsverbindung über den Oder-Spreekanal. Die Gesamtgüterbewegung Berlins betrug 1892 mehr als 10 Millionen Tonnen, wovon auf die Wasserstraßen allerdings der kleinere Teil mit 4 627 518 t entfiel.

Um den großen Durchgangsverkehr von der Oder nach der Elbe und umgekehrt schneller und leichter abwickeln zu können, als solches bei Benutzung des Friedrich-Wilhelms- und des Finowkanals möglich war, ist der Oder-Spreekanal erbaut worden. Dieser Kanal war ein Erfordernis, trotzdem in den Jahren 1847—1854 die Schleusen des Finow- und Friedrich-Wilhelmskanals umgebaut und der Kanal hierdurch leistungsfähiger gestaltet worden war.

Der Oder-Spreekanal gestattet das Passieren von Fahrzeugen von 300 bis 400 t Tragkraft. Der Verkehr auf diesem Kanal hat sich innerhalb weniger Jahre verfünffacht, so daß bereits im Jahre 1895 eine Verbreiterung dieser Wasserstraße in Angriff genommen werden mußte.

Der Dortmund-Emskanal ist bestimmt, das, was dem an Schätzen der mannigfachsten Art reichen westfälischen Lande von der Natur versagt worden ist, zu ersetzen. Immer dringender trat mit dem gewaltigen Emporblühen der Kohlen- und Eisenindustrie das Bedürfnis nach künstlichen Wasserwegen hervor. Durch grüne Wiesenthäler und grasreiche Auen

zieht sich der Kanal dahin, vielfach begrenzt von Eichen- und Buchenwaldungen und überspannt von zahlreichen Brücken und Viadukten. Die Zweigstrecke nach Dortmund steht mit dem Hauptkanal durch das bereits beschriebene Hebewerk bei Henrichenburg in Verbindung. Auch der Gedanke, eine Wasserstraße von Westfalen nach der deutschen Küste zu schaffen, hat eine lange Geschichte, die bis auf die Zeiten Friedrichs des Großen zurückreicht. Bei Aufstellung des Kanalprojektes war die Aufgabe zu berücksichtigen, einen Teil des bisher über holländische Häfen gehenden Exportes und Importes den deutschen Häfen zuzuführen und namentlich die rheinisch-westfälische Kohle der englischen gegenüber im deutschen Küstengebiet konkurrenzfähig zu machen. Der in der „Denkschrift über die geschäftliche Lage der preußischen Kanalprojekte" vom 30. Januar 1882 enthaltene Gedanke, durch Kanäle den Rhein mit den Emshäfen und weiter mit der Elbe und durch den Elb-Travekanal und den Kaiser Wilhelmskanal mit der Ostsee in Verbindung zu setzen, ist zwar vorläufig noch nicht zur Ausführung gekommen, doch wird die Schaffung der Wasserstraße von Dortmund nach der unteren Ems mit Recht als ein wichtiges Glied dieses Zukunftsprojektes betrachtet.

Der Kanal beginnt in einem größeren Hafen bei Dortmund und zieht sich über Lüdinghausen, Münster, Bevergern, Lingen, Meppen, Papenburg nach Emden. Von Meppen bis Papenburg ist der Kanal im Emsbett selbst geführt. Von Papenburg bis Oldersum wird die freie Ems benutzt, die auf dieser Strecke sowohl der See- wie der Kanalschiffahrt dient. Von Oldersum bis Emden führt ein Seitenkanal. Die Länge der neuen Wasserstraße von Herne bis zur Emder Seeschleuse beträgt 282,6 km, der Zweigkanal Henrichenburg-Dortmund hat eine Länge von 10,96 km.

Der Elb-Travekanal erstreckt sich von Lauenburg a. d. Elbe bis zum Hafen von Lübeck. Die Länge beträgt 67 km. Die Gesamtbaukosten sind zu 23554000 Mark veranschlagt.

Durch den Mittellandkanal soll der Rhein mit der Weser und der Elbe verbunden werden. Die Baukosten sind früher zu 162000000 Mark und neuerdings zu 192000000 Mark veranschlagt worden. Das Projekt hat bis jetzt nicht die Zustimmung des Preußischen Landtages gefunden.

Die für die neueren deutschen Kanäle aufgewandten Summen sind zum Teil sehr bedeutende. So betrugen beispielsweise die Kosten des Oder-Spreekanals 12600000 Mark, des Dortmund-Emskanals 79430000 Mark. Nach der neuen Kanalvorlage sollen die Kosten des Elbe-Rheinkanals mit 241033700 Mark, des Großschiffahrtsweges Berlin-Stettin mit 40000000 Mark und des Masurischen Kanals mit 30000000 Mark bewilligt werden.

Deutschland besitzt nur wenige Kanäle, die große Verbindungen herstellen. Die bedeutenderen Kanäle des Deutschen Reiches sind nachstehend angeführt.

	Länge in km
Ludwigskanal	176
Salinenkanal	35
Saar-Kohlenkanal	64
Rhein-Marnekanal (Gesamtlänge 320 km)	107
Breuschkanal	20
Rhein-Rhônekanal (Gesamtlänge 322 km)	134
Hadeln- und Geestekanal	52
Ostsee-Hammekanal	16
Störkanal	10
Friedrich-Franzkanal	7
Jhlekanal	30
Plauescher Kanal	33
Havelländischer Hauptkanal und Niederneuendorfer Kanal	90
Rhinkanal	97
Fehrbelliner Kanal	17
Ruppiner Kanal	15
Werbelliner Kanal	11
Finowkanal	58
Nottekanal (einschl. der Seestrecken)	22
Storkowkanal (einschl. der Seestrecken)	23
Berlin-Spandauer Kanal	12
Friedrich-Wilhelmkanal	23
Grödel-Elsterwerdakanal	16
Klodnitzkanal	46
Bromberger Kanal	26
Weichsel-Haffkanal	20
Elbing-Oberländischer Kanal (einschließlich der Seestrecken)	137
Großer Friedrichsgraben, Deime-Seckenburger Kanal	104
Sechtenburger Kanal	12

62*

	Länge in km
König-Wilhelmkanal	25
Oder-Spreekanal	87
Dortmund-Emskanal mit Abzweigung nach Herne	293
Elbe-Travekanal	67
Rostock-Güstrowkanal	36
Ems-Jadekanal	73
Hunte-Emskanal mit Seitenkanälen	65

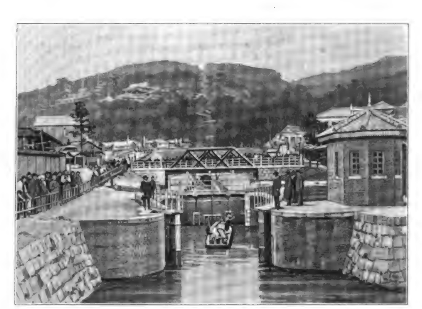
Wie außerordentlich in fast allen Teilen der Erde der Verkehr zugenommen hat und wie dementsprechend demselben immer neue verbesserte und leistungsfähigere Wege zu öffnen sind, zeigt in anschaulicher Weise auch eine Betrachtung der holländischen und belgischen Kanäle.

Amsterdam war bis zum Anfang der 90er Jahre mit dem Rhein durch 3 Wasserstraßen verbunden: 1. durch den Zuider See und die Geldersche Yssel, 2. durch die Vecht über Utrecht und den Zederikkanal und die Merwede, 3. durch die Amstel über Ter Aar, die holländische Yssel und die Maas.

Um eine viel leistungsfähigere Wasserverbindung zu schaffen und um Amsterdam den verlorenen Zwischenhandel mit dem Hinterlande wieder zurückzuerobern, trat die holländische Regierung der Ausführung des schon lange geplanten Kanals von Amsterdam nach dem Rhein näher. Nach Erbauung des Kanals von Amsterdam und Regulierung der Merwede und des Waal ist der Verkehr mit dem Rheinlande ganz außerordentlich gestiegen. Der genannte Kanal geht über Utrecht und mündet bei Gorinchem in die Merwede, einen Hauptarm der Maas. Seine Baukosten betrugen 20 Millionen Mark. Auch für die Blüte Rotterdams bilden naturgemäß die Wasserstraßen einen sehr wesentlichen Faktor. Mit dem Meere steht Rotterdam durch eine künstlich geschaffene neue Maasmündung und durch den Durchstich des Hoek von Holland in Verbindung. Als schiffbare Wasserstraßen im Inlande kommen in Betracht die Kanäle: 1. nach Delft-Haag-Leiden-Haarlem-Amsterdam (Schie, Leidsche Trekvaart, Noordzeekanaal), 2. nach Gonda-Amsterdam (Nieuwe Maas, Hollandsche Yssel, Gouwe, Aal, Amstel), 3. nach Arnheim-Emmerich (Nieuwe Maas, Lek, Neder Rijn, Pannerdeusche Kanaal, Rhein), 4. nach Dordrecht, Nijmegen-Emmerich (Nieuwe Maas, Noord, Merwede, Waal, Rhein), 5. nach Lüttich (Nieuwe Maas, Merwede, Waal, Maas), 6. nach Antwerpen (Nieuwe Maas, Noord, Hollandsche Diep, Volkerak, Schelde). Von diesen Kanälen werden mit Seeschiffen befahren: der Wasserweg Nieuwe Maas, Lek-Neder-Rijn-Rhein bis Köln (Tiefgang bei voller Ladung und günstigem Wasserstande 3,5 m).

Von den belgischen Kanälen sind zu nennen: 1. Kanäle zwischen Schelde und Maas (Hansweertkanal, Kanal von Walcheren, Maas-Scheldekanal, Lüttich-Maestricht-Antwerpen). 2. Die Kanäle zwischen Schelde und Sambre (die Rupel, Kanal von Willebroeck, Kanal von Charleroi). 3. Die Kanäle zwischen Schelde und dem französischen Kanalnetz (die Dendre und der Kanal von Blaton nach Athi, die Lys mit dem Kanal von Bossuyt nach Courtrai, der Mons Condékanal). Der bedeutendste Kanal Begiens ist der Canal du Centre, der sich von La Louvière bis Mons, südlich von Brüssel, erstreckt. In La Louvière verbindet er sich mit dem Charleroi-Brüsseler Kanal, in Mons mündet der Canal du Centre in den alten Mons-Condékanal ein. Der von Charleroi nach Brüssel führende Schiffahrtskanal hat ein größeres Profil erhalten. Die Länge des Canal du Centre benannten Wasserwegs ist 21 km, dessen hervorragendstes Bauwerk das Hebewerk von La Louvière (Abb. 487) ist.

Von den in außereuropäischen Ländern in neuerer Zeit geschaffenen Kanalbauten möge hier noch des Biwaseekanals oder des Kanals von Kioto-Tu in Japan Erwähnung gethan werden. Bereits im 12. Jahrhundert wurde ein Kanal von dem Biwasee nach der Bai von Osaka projektiert, das Werk wurde jedoch erst 1885 in Angriff genommen und im Jahre 1890 beendigt. Der Biwasee ist der größte See Japans. Er besitzt eine Größe von 1280 qkm und liegt 84 m über dem Meeresspiegel. Die Länge des Kanals ist nur 11 km. Sein Hauptzweck ist die Gewinnung größerer Wasserkräfte, doch dient der Kanal auch dem Schiffsverkehr mittels kleiner Boote. In die Kanalführung ist eine geneigte Ebene von 550 m Länge und einem Gesamtgefälle von 35 m ein-



492. Schleuse des Biwaseekanals in Japan.

493. Elektrischer Schiffszug (System Köttgen).

Digitized by Google

geschaltet. Von der Schleuse bei dem Kanalausgang aus dem Biwasee, sowie von dem Eingang des Kanaltunnels gibt Abb. 492 eine Ansicht.

Mechanischer Schleppzug auf den Kanälen. Auf die scharfe Konkurrenz zwischen Eisenbahnen und Schiffahrtsstraßen ist bereits wiederholt hingewiesen worden. Dieser Kampf hat dazu geführt, alle Sinne anzustrengen, um auch die Leistungsfähigkeit der Kanäle möglichst zu erhöhen. Diesen Bestrebungen ist die Entstehung der Hebewerke und der Schiffseisenbahn zu verdanken, wie denselben auch alle jene Vorrichtungen entsprungen sind, welche die Bedienung der Schleusen beschleunigen (mechanische Bewegungsvorrichtung der Thore und Umläufe 2c.). Eine Aufgabe, deren Lösung in besonderem Maße zu einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Kanäle beitragen wird, ist die Ausbildung des mechanischen Schleppzuges. Wenn diese Bestrebungen auch noch nicht zu einem vollständigen Erfolge geführt haben, so haben sie doch bereits sehr gute Ergebnisse gezeitigt.

Man hat natürlich auf den Kanälen seit langem von Schleppdampfschiffen Gebrauch gemacht; ihr Benutzung hat jedoch den Übelstand im Gefolge, daß durch die von ihnen verursachten Wellen die Kanalufer stark angegriffen werden. Auch die Tauerei ergab nicht vollständig befriedigende Ergebnisse, weshalb man das Augenmerk auf die Erfindung neuerer Konstruktionen gerichtet hat. Gegenwärtig stehen verschiedene Methoden der Schiffszüge auf Kanälen im Vordergrund. Da ist erstlich der Seilzug mittels eines endlosen Seils. In Deutschland sind mit einem solchen Wanderseil, an welchem die einzelnen Schiffe angehängt werden, am Oder-Spreekanal, in Frankreich am Kanal von St. Maur und St. Maurice Versuche gemacht worden. Bei den letzteren Versuchen hat sich ergeben, daß das Wanderseil leicht von den Leitwellen abgleitet, namentlich tritt dieses häufiger in den Kurven ein.

Ein anderes Verfahren ist der Seilzug mittels eines besonderen Motors. Als Kraftquelle findet hierbei ausnahmslos die Elektrizität Anwendung. Der erste Versuch eines elektrischen Schiffszugs wurde bereits im Jahre 1838 von Prof. Jacobi in Königsberg angestellt, hatte jedoch keine praktischen Ergebnisse. Erst das letzte Jahrzehnt förderte das Problem einen wesentlichen Schritt.

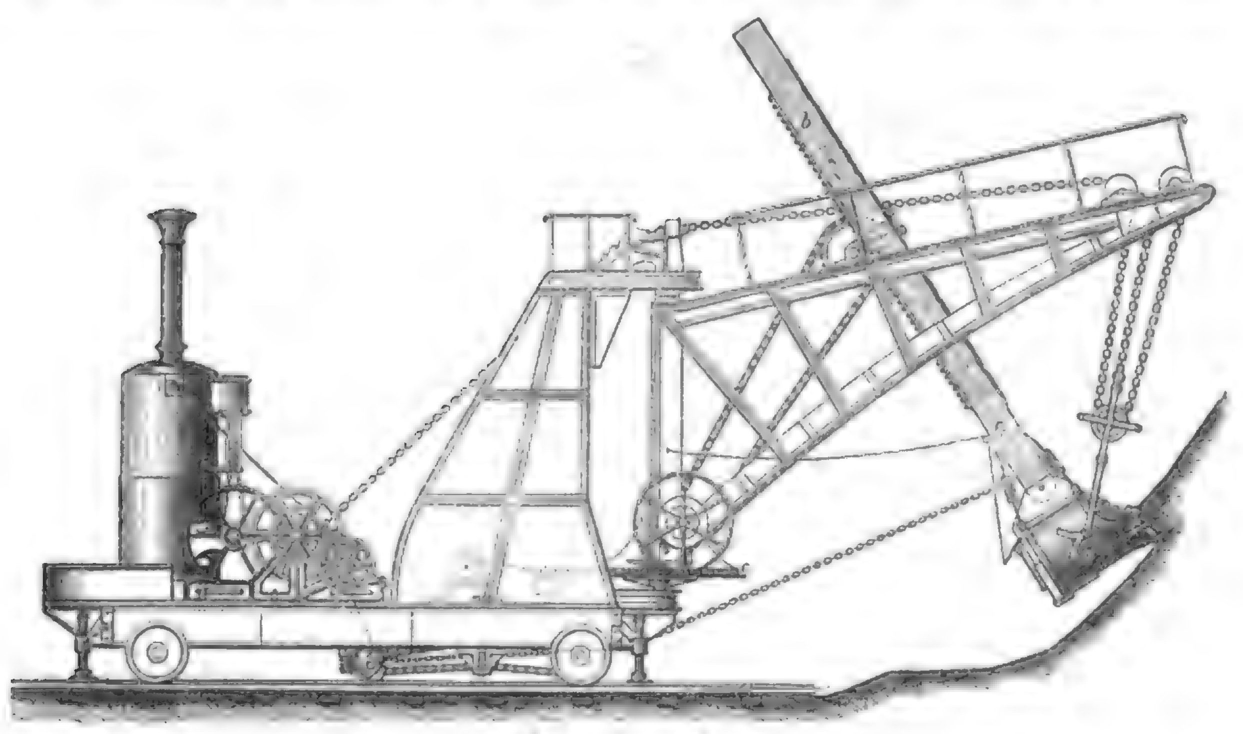
An einigen amerikanischen Kanälen hat das System Lamb Verwendung gefunden. Hierbei stehen an dem Ufer entlang Holzmaste mit Querarmen; der obere Arm trägt das Tragkabel, der untere das Zugkabel. Auf dem ersten Seil läuft an einem mit Rollen versehenen Traggestell der elektrische Motor. Das untere Seil ist um eine Seilscheibe gewickelt, die mittels Zahnrad und Schneckenübersetzung von dem Motor angetrieben wird. Das Schiff wird mittels eines Seiles an den Motorapparat befestigt. In Frankreich benutzt man zu dem elektrischen Schiffszug das sogenannte „elektrische Pferd" oder den „elektrischen Schlepper", einen Motorwagen, der nicht auf Schienen läuft. Das Schleppergestell ruht auf drei Rädern, das Vorderrad wird durch den Führer gesteuert, die Stromzuführung erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den elektrischen Straßenbahnwagen.

Das von der weltbekannten Firma Siemens & Halske ausgebildete System Köttgen besteht in der Benutzung kleiner Lokomotiven, die sich auf einem am Ufer verlegten Geleise bewegen (Abb. 493); die Stromzuführung erfolgt durch eine auf dem Kontaktdraht gleitende Rolle mit Rute. An diese Lokomotive wird das zu ziehende Schiff befestigt. Die Zuggeschwindigkeit beträgt 4 bis 5 km in der Stunde.

Seekanäle.

Die verhältnismäßige Kleinheit der meisten antiken Seeschiffe gestattete denselben, weit in das Landinnere vorzudringen und auch viele der vorhandenen Binnenschiffahrtskanäle zu benutzen. Die Abmessungen der Schiffe der Neuzeit sind dagegen so kolossal, namentlich ist deren Tiefgang ein so bedeutender, daß gewöhnliche Schiffahrtskanäle von ihnen nicht passiert werden können. Die großen Vorzüge des Schiffsverkehrs haben im Laufe der Zeit immer mehr den Wunsch hervortreten lassen, auch für die Seeschiffe dort, wo die Natur ihnen die Welt versperrt hat, gewaltsam einen künstlichen Weg zu schaffen. Dank der im Vergleich zu früheren Zeiten außerordentlichen Hebung der wirtschaft-

lichen Verhältnisse, sowie der großen Vervollkommnung der Baumaschinen verschiedenster Art (wie Naß- und Trockenbagger [Exkavatoren], Saugbagger u. s. w.) ist es der modernen Ingenieurtechnik möglich gewesen, bedeutende Schöpfungen dieser Art hervorzubringen, die mit zu deren interessantesten Leistungen zu rechnen sind. Ein näheres Eingehen verdienen insbesondere der Suezkanal, der Manchester Schiffskanal, der Kaiser Wilhelmkanal, der Kanal von Korinth und der Seekanal von St. Petersburg nach Kronstadt. Außerdem sind zu nennen der bereits früher erwähnte Amsterdamer-Nordseekanal bei Ymuiden, der Panamakanal, sowie die Projekte eines Nicaraguakanals und eines Kanals zur Verbindung des Firth of Forth mit dem Firth of Clyde in Schottland. Auch die kühnen Projekte, Brüssel und Gent zu Seehäfen zu machen, verdienen hier Erwähnung, wie nicht minder der Gedanke, die Hauptstädte Frankreichs und Italiens durch Seekanäle mit dem Meere zu verbinden. Des Projektes eines Seekanals von Berlin ist oben bereits gedacht worden. Die Verwirklichung mancher dieser hochfliegenden Pläne, wie nicht minder das Projekt zur Verbindung des Atlantischen Ozeans mit dem Mittelmeer auf der Linie Bordeaux-

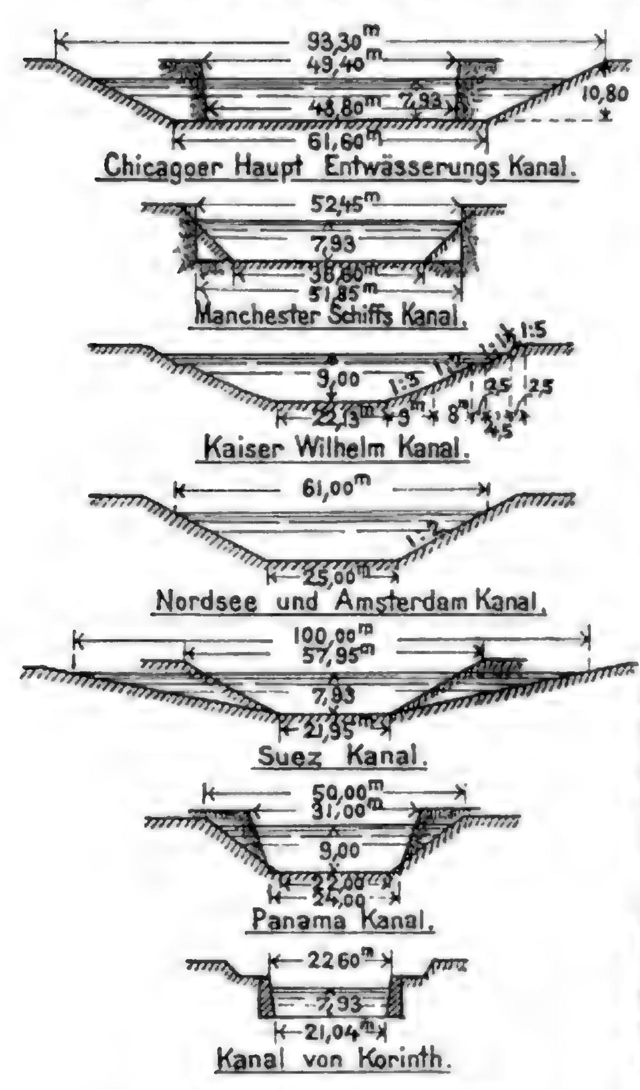


494. Schaufeltrockenbagger.

Toulouse-Narbonne wird jedoch noch längere Zeit auf sich warten lassen. Der Seekanal von Rom würde eine Länge von 20 km erhalten. Die Kosten des Kanals, durch welchen Paris zum „port de mer“ umgewandelt werden soll, sind zu 2000 Millionen Frank veranschlagt. Billiger ist das Projekt, Brüssel für Seeschiffe erreichbar zu machen. Der 27 km lange Kanal ist zu 13,5 Millionen Frank veranschlagt.

Brüssel liegt an dem kleinen Flüßchen Senne, einem Zuflusse der Dyle, die Dyle fließt nach ihrer Vereinigung mit dem Néthe als Rupel in die Schelde. Die Senne ist ein Wasserlauf von schwachem Gefälle, in dem sich aber die Gezeiten noch bedeutend bemerkbar machen. Dadurch ist es schon gegenwärtig für kleine Boote möglich, mit der Flut von der Schelde aus bis Brüssel zu gelangen und umgekehrt mit der Ebbe den Rückweg anzutreten. Somit wäre ein gewisser Wasserverkehr bereits von der Natur ermöglicht, wenn nicht die Senne ein recht launenhaftes Wasser wäre, das nicht nur abwechselnd an starken Überschwemmungen und an Austrocknung leidet, sondern auch durch die zahlreichen Windungen die Schiffahrt erschwert. Schon früh tauchte daher der Plan auf, diese natürliche Wasserstraße durch eine künstliche zu ersetzen. In der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts wurde der Bau eines Kanals zur direkten Verbindung von Brüssel mit dem Rupel beschlossen und von Kaiser Karl V. im Jahre 1531 genehmigt. Die Arbeiten wurden jedoch erst im Jahre 1550 begonnen und 1561 vollendet. Anfangs war dieser Kanal, der älteste Belgiens, am Boden nur 8 bis 10 m breit und noch nicht 2 m tief, später wurde er erweitert und vertieft, so daß seine Breite gegenwärtig 15 m, seine Tiefe 3,20 m und seine Länge 28 km beträgt. Er schließt sich in Brüssel an den Endpunkt des Kanals von Charleroi an, verfolgt das linke Ufer der

Senne auf eine Strecke von etwa 10 km und mündet bei dem Orte Klein-Willebroeck, von dem er den Namen des Kanals von Willebroeck erhalten hat, in den Rupel. An der Vereinigungsstelle mit dem Kanal von Charleroi bei Brüssel befinden sich 5 zur Einfahrt und als Hafen dienende Bassins. Das Gefälle von etwa 15 m zwischen diesen Bassins und dem Rupel bei Niedrigwasser wird durch 5 Schleusen überwunden. Dieser Kanal hat trotz seiner geringen Tiefe bereits eine große Bedeutung gewonnen und im Jahre 1897 einen Warentransport von 1600000 t vermittelt. Nunmehr soll dieser Wasserweg auch für Seeschiffe fahrbar gemacht werden, und es hat sich nach Abschluß der Verhandlungen zwischen Staat, Provinz und Stadtgemeinde eine „Anonyme Gesellschaft für den Kanal und die Seehafeneinrichtungen von Brüssel" gebildet. Der Staat hat 10,4, die Provinz Brabant $14^1/_2$ und die Stadt Brüssel mit ihren Vororten 5 Millionen Frank bewilligt, so daß das Gesamtkapital der Gesellschaft sich auf $33^1/_2$ Millionen Frank beläuft. Die Statuten sind durch königliche Erlasse genehmigt, und die Verwaltung wird von 7 durch die verschiedenen beteiligten Faktoren erwählten Mitgliedern geleitet. Gegenwärtig ist dieser Verwaltungsrat mit der Enteignung der für die Kanalanlage notwendigen Grundstücke beschäftigt, und man erwartet den Beginn der eigentlichen Arbeiten schon für die nächste Zukunft. Der neue Kanal wird fast auf seiner ganzen Strecke den heutigen Kanal von Willebroeck benutzen, dessen Breite 18 m und dessen Tiefe auf $5^1/_2$ m gebracht werden sollen, später soll die Tiefe bis $6^1/_2$ m gesteigert werden. Die Hafenanlagen in Brüssel werden eine gänzliche Umgestaltung erfahren. Zunächst wird ein Hauptbassin angelegt werden mit einer Fläche von $11^1/_2$ ha und einer Tiefe von $5^1/_2$ m.

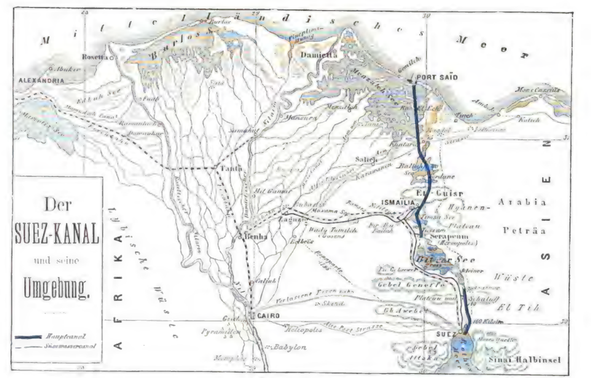


495. Querschnitte der Seekanäle.

In dem Seekanal von Heyst nach Brügge, der alten Seehandelsstadt, hat Belgien ein zweites Werk dieser Art aufzuweisen. Die Länge dieser künstlichen Wasserstraße beträgt 11 km. Der Querschnitt hat eine Breite von 22 m an der Sohle und 70 m in der Wasserfläche bei einer Tiefe von 6,15 m.

Der Kanal von Suez. In dem Vorangegangenen haben bereits die Bestrebungen des Altertums zur Schaffung einer Verbindung des Mittelländischen Meeres mit dem Roten Meer und die wechselvollen Schicksale der geschaffenen Verbindungen Erwähnung gefunden.

Erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts tauchte wiederum der Gedanke an einen solchen Kanal auf und zwar bei Gelegenheit der französischen Expedition unter Napoleon Bonaparte nach Ägypten. Die unter großen Beschwerden und ständigen Gefahren von den französischen Ingenieuren ausgeführten Nivellements hatten das sonderbare Ergebnis, die Höhenlage des Roten Meeres zu 10 m über dem Meeresspiegel des Mittelländischen Meeres zu bestimmen, ein Resultat, das jedoch nicht der Wirklichkeit entspricht. Im Jahre 1846 ließ eine Gesellschaft von Franzosen, Engländern und Österreichern Vermessungen vornehmen, deren Leitung in den Händen des berühmten Stephenson lag, der gegen die Ausführung des Kanals Bedenken erhob. Politische Gründe und Eifersüchteleien zwischen Frankreich und England ließen die Sache nicht vorwärts kommen. Linant de Bellefonds führte abermals eine Nivellierung des Isthmus aus, welche die Ausführbarkeit des Projekts außer Zweifel setzte. Ferdinand von Lesseps, damals französischer Vizekonsul in Alexandria, ist es zu danken, daß fortan der Gedanke an die Herstellung dieses wichtigen internationalen Verbindungsweges nicht mehr fallen gelassen wurde und daß das Werk auch thatsächlich seine Verwirklichung fand. Mit Recht hat ein geistreicher Seefahrer den Ausspruch gethan: „Christoph Kolumbus hat einen Seeweg nach Indien gesucht, Vasco de Gama hat ihn gefunden, Ferdinand von Lesseps aber hat einen solchen geschaffen".



496. Der Suezkanal und seine Umgebung.

Digitized by Google

497. Der Suezkanal bei Port Said.

Digitized by Google

498. Der Suezkanal bei Port Tewfic.

Digitized by Google

Es hat keinen Wert mehr, auf die Kämpfe einzugehen, die von Lesseps zu führen waren, um das gewaltige Unternehmen zu einem glücklichen Ende zu bringen. Nachdem am 5. Januar 1856 die Konzession zum Bau erteilt war, begannen am 22. April 1859 die Arbeiten. Nach und nach waren 20000 Fellahs im Frondienste auf der ganzen Strecke beschäftigt. Durch die im Jahre 1864 erfolgte Abschaffung der Fronarbeit wurde eine Änderung in der Arbeitsweise nötig. An die Stelle des Spatens und Schiebkarrens traten nun mächtige Arbeitsmaschinen, Bagger, Exkavatoren und Ablademaschinen, die alle durch Dampfmaschinen getrieben wurden, deren gesamte Leistungsfähigkeit 10000 Pferdestärken betrug. Heute, wo die Verwendung derartiger Maschinen eine allgemeine ist, haben die damaligen Leistungen etwas von ihrem Glanze eingebüßt, und doch verdienen sie in vollem Umfange den Ruhm, den sie einst genossen, und das Aufsehen, das sie erregten. Nicht nur die neue Arbeitsmethode, sondern vor allem die klimatischen Verhältnisse bereiteten außerordentliche Schwierigkeiten. Die Versorgung der Arbeitermassen mit Wasser und Nahrungsmitteln, mit Obdach und den sonstigen Bedürfnissen verursachte zahlreiche Mühen, und nicht leicht war es, eine Abwehr gegen die epidemischen Krankheiten zu finden. 1600 Kamele waren nötig, um täglich das erforderliche Trinkwasser für die im Beginn der Arbeit beschäftigten 20000 Arbeiter herbeizuschaffen. Um dem Wassermangel ein für allemal wirksam abzuhelfen, wurde ein Süßwasserkanal vom Nil bis zum Isthmus hergestellt, an welchem Werk 15000 Menschen 2 Jahre lang thätig waren. Die an die Stelle der Fellahs getretenen Arbeiter stammten aus Südeuropa und der Levante und waren in hohem Grade durch Seuchen gefährdet. Zu den technischen Schwierigkeiten und den sonstigen Verwaltungssorgen kamen namentlich finanzielle hinzu und brachten das Unternehmen beinahe dem Stillstand nahe. Mit großem Geschick und zäher Ausdauer gelang es Lesseps jedoch immer wieder von neuem, die Schwierigkeiten aus dem Wege zu räumen. Am 16. November 1869 wurde in Gegenwart zahlreicher Fürsten und zahlreicher Abgesandter aller Nationen sowie im Angesicht von über 30000 Teilnehmern aus allen Erdteilen die festliche Eröffnung des Kanals vollzogen.

Der Kanal erstreckt sich von der an seinem Nordende liegenden Hafenstadt Port Said bis Suez an seinem Südende. An ersterem Orte hat man durch zwei 2500 m in das Meer hinausreichende künstliche Dämme, Molen, einen guten Hafen gebildet, der mit allen Erfordernissen eines solchen Platzes ausgestattet ist, und woselbst sich die Agenturen der großen Dampfergesellschaften, Konsulate, Post- und Telegraphenämter befinden. Von Port Said führt der Kanal zwischen künstlichen Dämmen durch den Mensalehsee, durchsticht dann die Bodenschwelle El Kantara (d. h. die Brücke), geht durch den kleinen Ballahsee und weiter südlich durch die Schwelle El Gisr, woselbst bedeutende Durchstiche nötig waren. Der Kanal tritt alsdann in den Timsah- oder Krokodilsee ein. In diesem und in dem Bittersee sind keine Dämme geschüttet; die Route ist durch Seezeichen kenntlich gemacht. Das schwierigste Stück der ganzen Anlage folgt bei Tussum, vor dem Bittersee. Die Ausdehnung des Bittersees ist so bedeutend, daß man das jenseitige Ufer nicht zu erkennen vermag. An der Ein- und Ausfahrt stehen Leuchttürme. Der Kanal durchzieht alsdann die Schwelle Schaluff, tritt dann in den Bereich von Ebbe und Flut des Roten Meeres und erreicht dieses bei Suez, woselbst die Kanalrinne noch 4 km weit in das Meer fortgesetzt ist.

Die durchschnittliche Tiefe des Suezkanals beträgt gegenwärtig 9 m, während sie anfänglich nur 7½ m war. Die Wasserbreite schwankt zwischen 50 und 100 m. Für das Begegnen der Schiffe waren zahlreiche Ausweichungen angelegt, doch haben sich dieselben nicht als ausreichend erwiesen, so daß das Kanalprofil im Laufe der Jahre, und zwar während der Kanal in Benutzung war, erweitert worden ist. Diese Erweiterungsarbeiten begannen im Frühjahr 1884.

Die Bedeutung des Suezkanals ist eine sehr große, durch ihn ist die Verbindung mit Ostasien und Australien ganz außerordentlich abgekürzt und zwar für die Schnelldampfer um 15 bis 22, für die gewöhnlichen Frachtschiffe um 27 bis 40 Tage. Die Differenz des Seeweges um das Kap der guten Hoffnung nach Bombay gegen die Kanalroute beträgt z. B. für

Konstantinopel	10400	Seemeilen	London .	6900	Seemeilen
Marseille . .	7900	"	Amsterdam	6900	"
Lissabon . .	6900	"	New York	5900	"
Havre . . .	7200	"			

Dementsprechend ist im Laufe der Jahre die Zahl der den Kanal passierenden Schiffe stetig gewachsen. Sie betrug

1870	489	Schiffe	mit	435 900	Bruttotonnengehalt
1880	2026	"	"	4 344 520	"
1896	3409	"	"	8 560 283	Netto-Registertonnen
1897	2986	"	"	7 899 373	"
1898	3505	"	"	9 238 603	"

Der Personenverkehr betrug 1880 53 517, 1888 183 895, 1896 308 241 und 1897 191 215 Reisende.

Der Manchester Seekanal. Die Bedeutung des Bridgewater-Kanals für das gesamte Kanalbauwesen ist bereits klargelegt worden. In den fortschreitenden Verhältnissen ist es begründet, daß heute dieses einst so gefeierte Werk seine Bedeutung ein-

499. Drehbrücke des Manchester Seekanals bei Barton.

gebüßt und durch die Schaffung eines Seekanals zwischen Liverpool und Manchester in den Hintergrund gedrängt ist. Es gibt ein anschauliches Bild der heutigen Verkehrsverhältnisse, daß der neue Kanal trotz des Vorhandenseins von 5 Eisenbahnlinien und zwei Binnenschiffahrtsstraßen zwischen den beiden genannten Städten ins Leben gerufen werden konnte. Der Kanal entsprang dem Umstande, daß die Kaufleute Liverpools bestrebt waren, ihre Konkurrenzfähigkeit den günstiger gelegenen Fabrikstädten gegenüber zu erhalten, und wie einst bei der Entstehung des Bridgewater Kanals, so war auch im vorliegenden Falle das geringe Entgegenkommen der verschiedenen Transportgesellschaften das Hauptmoment, das zur Schaffung des neuen Verkehrsweges den Anstoß gab. Durch den Kanal (Abb. 11 S. 34) wird Manchester unter Umgehung von Liverpool direkt dem Seeverkehr erschlossen. Der Kanal mündet bei Eastham in den Mersey. Die Sohlenbreite beträgt 36,6 m, die normale Wassertiefe 7,93 m. Durch 5 Schleusen wird die Differenz des Wasserspiegels von Manchester bis Eastham überwunden. Der Kostenanschlag war 179 380 000 Mark, doch hat sich derselbe bei weitem als nicht ausreichend erwiesen, indem die Kosten die Höhe von fast 340 000 000 Mark erreichten.

Die Herstellung des Kanals, ein Werk des Ingenieurs William **Leader**, bedingte sehr schwierige und daher außerordentlich kostspielige Bauwerke. Drei den Kanal kreuzende Eisenbahnlinien mit starkem Verkehr mußten so gehoben werden, daß die Schiffe ungehindert durchfahren können. Für den Bridgewater-Kanal war ein drehbarer eiserner Aquädukt, ähnlich den Drehbrücken, zu erbauen, der in Abb. 499 veranschaulicht ist.

Digitized by Google

Wenn der Kanal bisher auch Manchester noch nicht alle von demselben erhofften Vorteile gebracht hat, so läßt sich doch eine Verkehrsentwickelung in aufsteigender Linie konstatieren. Während die Zahl der in Manchester angekommenen Schiffe im Jahre 1894 562 betrug, ist sie für das Jahr 1897 auf 834 gestiegen und betrug sogar im Jahre 1896 917. Der Raumgehalt der im letzteren Jahre angekommenen Schiffe betrug jedoch nur 562 000 Registertonnen gegen 585 000 Registertonnen für 1897.

Der Kaiser Wilhelm-Kanal. Der Wunsch, durch eine Durchstechung der die Nord- und Ostsee trennenden Halbinsel eine kürzere und gefahrlosere Wasserstraße, als sie der Weg um Skagen bietet, zu erhalten, läßt sich eine lange Reihe von Jahrhunderten zurückverfolgen. Der Jetztzeit war es vorbehalten dieses Streben der Erfüllung entgegenzuführen. Solange der mächtige Städtebund der Hansa die Nord- und Ostsee beherrschte, machte sich dieser Wunsch weniger geltend, da zu jener Zeit weder der Seeweg nach Ostindien noch nach Amerika entdeckt war. Damals gelangten die Produkte Asiens und Afrikas nicht auf dem Seewege nach den Küstenländern der nordischen Meere, sondern sie wurden diesen über Land von den in jenem Zeitraum besonders blühenden italienischen Seestädten zugeführt. Die oben angeführten bedeutenden Entdeckungen hatten eine gewaltige Umwälzung auch auf dem Gebiete des Transportwesens im Gefolge. Die bis dahin so belebten Straßen von Italien über die Alpen durch Deutschland nach dem Norden verödeten. Ein ausgedehnter überseeischer Verkehr entwickelte sich und ließ die Hafenplätze an der Nordsee einen großen Aufschwung nehmen, während gleichzeitig die Seestädte der beiden abgeschlossenen Meere, der Ostsee und des Mittelländischen Meeres, in ihrer Bedeutung zurückgingen. Am Ende des 14. Jahrhunderts waren zwar die Lübecker bemüht, durch den jetzt dem Elbe-Travekanal zum Opfer gefallenen Stecknitzkanal eine Verbindung zwischen Elbe und Trave zu schaffen, und es kam sogar durch die Benutzung der Alster und Beste schon früher eine Wasserverbindung zwischen Lübeck und Hamburg zu stande, dennoch glaubt man und wohl mit Recht hierin nicht den Beweis für den Wunsch zur Herstellung eines Nord-Ostseekanals erblicken zu können. Erst unter Christian III. von Dänemark (1533—1559) wurde eine solche Verbindung geplant, doch kam dieser Gedanke nicht zur Ausführung. Christians III. Bruder, Herzog Adolf I. von Schleswig-Holstein, faßte den Plan, unter Benutzung der Eider einen Seekanal zu schaffen, doch fehlen alle Nachrichten darüber, was mit diesem Plan geschehen ist. Wallenstein beschäftigte sich nach seiner Ernennung zum „General der ganzen Kaiserlichen Schiffsarmada zu Meer wie auch des Ozeanischen und Baltischen Meeres“ eingehend mit dem Gedanken einer Durchstechung der jütischen Halbinsel, wodurch er vornehmlich der in den Häfen seines Herzogtums Mecklenburg gebauten und versammelten Flotte einen nicht den Angriffen der Dänen und Schweden ausgesetzten Weg in die Nordsee schaffen wollte. Auch dieser Plan kam nicht zur Durchführung. Das gleiche gilt von den Projekten des Herzogs Friedrich III. von Holstein-Gottorp (1616—1659) und des Königs Christian IV. von Dänemark. Die weitausschauenden Absichten Cromwells, der von Wismar aus einen Kanal nach dem Schweriner See und von da durch die Elde nach der Elbe schaffen lassen wollte, teilten das Schicksal der früheren Pläne.

In der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts plante Lübeck in Gemeinschaft mit der holländischen Republik eine Verbreiterung des Stecknitzkanals, um diesen Seeschiffen zugänglich zu machen, doch scheiterte dieses Projekt an dem Widerstande des Herzogs von Lauenburg. Nachdem die Idee eines Nord-Ostseekanals ein Jahrhundert lang geschlummert hatte, sollte sie endlich ihre Verwirklichung finden. Am 11. Mai 1774 wurde eine „Kanalsausführungskommission“ in Kiel zusammen berufen. Unter der Leitung des Generalmajors von Wegner und der Ingenieur-Kapitäne von Peymann und Detmer kam der Kanal zur Ausführung. Die Breite in der Sohle betrug 18 m, im Wasserspiegel 28,7 m, die Tiefe war 3 m. Die Bauausführung hatte mit mancherlei Schwierigkeiten zu kämpfen; so herrschte beispielsweise sehr stark das „Faulfieber“ (ein Marschfieber), an dem zeitweilig 1300 bis 1400 Arbeiter daniederlagen. Die Eröffnungsfahrt auf dem 43 km langen, von Holtenau an der Kieler Bucht bis nach Tönning sich erstreckenden Kanal fand am 18. Oktober 1784 statt. Die Kosten dieses Kanals betrugen etwas über 9000000 Mark. Die Einführung der Dampfschiffahrt sowie namentlich

auch die stete Vergrößerung der Seeschiffe ließen allmählich immer stärker das Bedürfnis nach einem leistungsfähigeren Wasserweg hervortreten. Abermals vergingen Jahrzehnte, bis sich diese Idee verwirklichte. Die Einzelheiten dieses Entwickelungsprozesses können hier nur kurz angedeutet werden.

Die beiden Christensen arbeiteten Anfang der 40er Jahre ein Projekt aus, Hansen plante 1860 den Kanal St. Margarethen-Itzehoe-Oldensloe-Lübeck. Im Jahre 1864 beauftragte die Preußische Regierung den Geheimen Oberbaurat Lentze mit der Ausarbeitung eines Kanalprojektes, und zwar sollte der Kanal für Handels- und Kriegsschiffe passierbar sein. Lentze brachte die Linie Brunsbüttel-Eckernförde in Vorschlag. Von militärischer Seite wurde die Ausmündung des Kanals bei Eckernförde im Hinblick auf den geplanten Kriegshafen in der Kieler Bucht als ein großer Nachteil des Projektes betrachtet. Wiederum hatte die Frage eines Nord-Ostseekanals ein sehr wechselvolles Schicksal, das sowohl durch die politischen wie die wirtschaftlichen Verhältnisse stark beeinflußt wurde. Die ablehnende Haltung Moltkes, welcher der Ansicht war, daß die großen Kosten eines durch Kriegsschiffe passierbaren Kanals nicht mit dessen Nutzen im richtigen Verhältnis ständen, trug manches zu dem Stocken dieser Angelegenheit bei. Dem Hamburger Kaufmann und Schiffsreeder H. Dahlström gebührt das Verdienst, durch seine rastlose Thätigkeit die endliche Ausführung des Unternehmens wesentlich gefördert zu haben. Derselbe trat für einen Kanal auf Meereshöhe, mit den Endpunkten Brunsbüttel und Holtenau ein. Die Vorarbeiten wurden von dem Regierungsbaumeister Boden ausgeführt. Nicht nur günstigen politischen und wirtschaftlichen Verhältnissen, sondern auch den in der Zwischenzeit in Deutschland gemachten Fortschritten auf technischem Gebiet, insbesondere der weitgehenden Ausbildung in der Betriebsweise und in der Ausführung großer Erdarbeiten ist es zuzuschreiben, daß endlich das Projekt des Nord-Ostseekanals sich seiner Verwirklichung näherte. Um diese Vervollkommnung richtig zu würdigen, möge darauf hingewiesen werden, daß, während die Kosten der Erdbewegung bei großen deutschen Bauausführungen am Anfange der 70er Jahre noch bis zu 2 Mark pro Kubikmeter betrugen, sich die Kosten der Erd- und Baggerarbeiten im Kaiser Wilhelm-Kanal im Durchschnitt auf 90 Pfennig pro Kubikmeter beliefen. Am 16. März 1886 wurde das Gesetz betreffend die Herstellung des Nord-Ostseekanals verkündet. Der Kostenanschlag schloß mit 156 000 000 Mark ab. Am 3. Juni 1887 fand die feierliche Grundsteinlegung in Holtenau statt. Die Ausführung erfolgte in der Zeit von 1887—1895. Der Kanal ist als eine Schöpfung des verstorbenen Wirklichen Geheimen Baurat Baensch und des Ober-Regierungs- und Baurats Fülscher auf Grundlage des Boden-Dahlströmschen Projekts zu betrachten. Die feierliche Eröffnung fand in Gegenwart des Kaisers Wilhelm II., einer großen Anzahl deutscher Fürsten, der Vertreter der Hansestädte und zahlreicher fremder Fürstlichkeiten am 20. und 21. Juni 1895 statt.

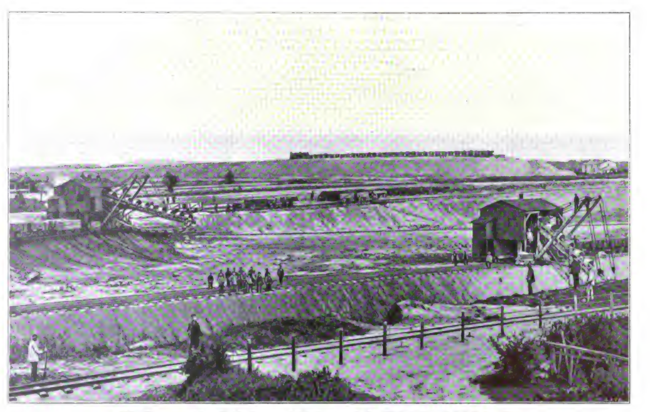
Die in dem Boden-Dahlströmschen Entwurf bearbeitete Linie konnte im wesentlichen beibehalten werden. Nur an zwei Strecken ergab sich bei der genaueren Untersuchung und Bearbeitung die Notwendigkeit, aus technischen Gründen, deren Darlegung hier zu weit führen würde, von dieser Linie abzuweichen.

Zwischen St. Margarethen und Brunsbüttelhafen liegt das 11 bis 13 m tiefe Fahrwasser der Elbe hart am rechten Ufer, und es dehnt sich dort eine Reede von 8 km Länge, 1,5 km Breite und 11 m Tiefe an dem Ufer aus; hier, 1 km oberhalb Brunsbüttelhafen, geht der Kanal unter spitzem Winkel, der eine bequeme Ansegelung gestattet, von der Elbe ab, zieht sich durch die niedrig gelegene fruchtbare Elbmarsch und das Moorgebiet der vielfach unter dem Meeresspiegel gelegenen Kudenseer Niederung, an deren Rand sich die Geest, die frühere Düne, mit dem malerischen Flecken Burg gebirgartig erhebt, in nordwestlicher, zuletzt genau nördlicher Richtung in allmählich ansteigendem Gelände bis nach Grünenthal, wo die Wasserscheide zwischen Elbe und Eider durch einen 30 m tiefen Einschnitt durchbrochen wird. Jenseit der Wasserscheide tritt der Kanal in das Gebiet der Gieselau ein, erreicht bei 40 km die Niederung der Eider, durchschneidet auf 3 km Länge das jeder Kultur entbehrende Reitmoor und den 1 km langen und ebenso breiten Meckelsee und tritt bei Schülp unmittelbar an die Untereider heran, durch einen hohen Deich gegen deren Hochwasser geschützt. Bald darauf verläßt der Kanal das Thal der Eider, geht an Rendsburg in 1 km Entfernung südlich vorüber, tritt alsdann in die zusammen 6 km langen Obereiderseen — Audorfer-, Eider- und Schirnauersee — ein und verfolgt nach Austritt aus denselben den Lauf des früheren Eiderkanals, dessen scharfe Krümmungen abschneidend, und mündet bei Holtenau, an der

Ausmündung dieses Kanals in den Kieler Hafen ein, der hier seine größte Breitenausdehnung hat und darum ein- und auslaufenden Schiffen selbst beim stärksten Verkehr ein genügend geräumiges Fahrwasser bietet.

Die genaue Länge des an beiden Mündungen mit Schleusen versehenen Kanals beträgt 98,65 km; hiervon liegen 62,15 km, 63 % der Gesamtlänge, in der Geraden, 36,50 km, 37 %, in Krümmungen von 1000 bis 6000 m Halbmesser. Obgleich sich die Kaiserliche Marine mit einem kleinsten Halbmesser von 750 m begnügt hätte, wurde, um die Durchfahrt möglichst bequem zu gestalten, dieses Maß auf 1000 m erhöht und in Krümmungen von 1000 bis 2500 m Halbmesser die Kanalbreite um 16 m vergrößert. Der Kanal ist ein weiter Durchstich zwischen Ostsee und Elbe, und der Wasserstand im Kanal ist gleich dem mittleren Wasserspiegel in der Kieler Bucht. An der Elbmündung des Kanals treten in der Elbe infolge von Ebbe und Flut tägliche Schwankungen im Wasserstande ein, deren Höhenunterschied für gewöhnlich ungefähr 3 m beträgt; der Höhenunterschied zwischen den bisher beobachteten höchsten und tiefsten Wasserständen beträgt aber 8,40 m. Wäre vor der Mündung des Kanals kein Abschluß vorhanden, so würden diese äußersten Wasserstände auch im Kanal eintreten, und um eine Überschwemmung der an der Elbe gelegenen Niederung zu verhüten, müßte der Kanal an beiden Ufern mit über 6 m hohen Dämmen eingefaßt werden, deren Herstellung große Summen verschlungen hätte und wohl auch bei der geringen Tragfähigkeit des moorigen Untergrundes in der Niederung kaum möglich gewesen wäre. Aber auch gegen das zu tiefe Abfallen des Wasserstandes im Kanal zur Zeit der Ebbe war die Anordnung eines Abschlusses nötig, weil sonst die Sohle des Kanals noch viel tiefer hätte gelegt werden müssen, damit auch bei den niedrigen Wasserständen noch die nötige Fahrwassertiefe im Kanal vorhanden gewesen wäre. Ein großer Wechsel der Wasserstände wäre aber auch infolge der veranlaßten Strömungen für die Schiffahrt, sowie auch für den Hafenbetrieb und für den Verkehr auf dem Kanal höchst lästig gewesen. Im Kieler Hafen findet keine Ebbe und Flut statt, und die Schwankungen des Wasserstandes sind deshalb dort für gewöhnlich nur gering; durch Ostwind kann aber das Wasser dort auch 3 m über seinen mittleren Stand angestaut werden und bei Westwind 2 m unter diesen fallen, deshalb ist auch in Holtenau eine Schleuse gebaut worden, die aber fast immer für die Schiffahrt offen steht und erst geschlossen wird, wenn der Wasserstand im Kieler Hafen sich 0,5 m über Mittelwasser erhebt oder darunter sinkt, was nach den bisherigen Erfahrungen an 25 Tagen im Jahr eintritt. Die Thore der Elbmündung werden geöffnet, wenn das Elbwasser auf die Höhe des Wasserstandes im Kanal gefallen ist, und bleiben offen, bis der Elbwasserstand $1\frac{1}{4}$ m unter den mittleren Kanalwasserstand gefallen ist, damit durch den ausgehenden Strom der Vorhafen gespült wird. Bei weiterem Abfallen der Elbe werden die Thore geschlossen, um ein zu tiefes Absinken im Kanal zu verhüten. Von Holtenau bis zu den Obereiderseen ist die Sohle des Kanals wagerecht angelegt worden, und zwar 9 m unter dem mittleren Ostseewasserspiegel, und fällt von da bis zur Elbmündung auf 40 km Länge mit einem von 1:200000 bis 1:8000 allmählich zunehmendem Gefälle, so daß die von der Kaiserlichen Marine verlangte Wassertiefe von 8,5 m zu jeder Zeit, an jeder Stelle vorhanden ist. Die Abmessungen des Kanalquerschnitts sind in Abb. 495 angegeben. An die 22 m breite Sohle schließen sich bis 3 m Höhe 3fache und von da bis zu dem in 7 m Höhe über Sohle liegenden Unterwasserbankett 2fache Böschungen, von da bis zu dem Überwasserbankett $1\frac{1}{2}$ fache Böschungen. Die Breite des Unterwasserbanketts wechselt je nach der Bodenbeschaffenheit von $2\frac{1}{2}$ bis $9\frac{1}{2}$ m und dementsprechend auch die Wasserspiegelbreite von 67 bis 91 m.

Bei mittlerem Wasserstand beträgt die Querschnittsfläche 413 qm und bei 0,5 m unter Mittelwasser noch 380 qm, während der Amsterdamer Seekanal nur 366,5 qm, der Manchester Seekanal nur 352 qm, der Suezkanal nach seiner Erweiterung 511 qm Wasserquerschnitt besitzt. Der Wasserquerschnitt des Kaiser Wilhelm-Kanals beträgt das 6fache des 60 bis 62 qm messenden eingetauchten Querschnittes der größten Handelsfahrzeuge und reicht für das Begegnen zweier solcher Fahrzeuge aus. Für das Begegnen mit großen Kriegsschiffen sind neben den von der Natur geschaffenen Ausweichstellen im Meckelsee und in den Obereiderseen noch 5 weitere Ausweichstellen, im Mittel in Entfernungen von



500. Verwendung von Trockenbaggern beim Bau des Kaiser Wilhelm-Kanals bei Grünenthal.

Digitized by Google

12 km, mit 60 m breiter Sohle hergestellt worden, in denen die Handelsschiffe so lange festlegen können, bis die begegnenden Kriegsschiffe vorüber gefahren sind. Im Audorfer See ist außerdem noch für Schiffe jeder Größe die Möglichkeit zum Wenden gegeben.

An den vom Kanal durchschnittenen Landwegen und an weniger verkehrsreichen Landstraßen wurden zur Überführung des Verkehrs Fähren eingerichtet, bestehend aus eisernen für vier Fuhrwerke Raum bietenden Prähmen, die an im Kanal versenkten Drahtseilen von Hand von einem Ufer zum anderen gezogen werden. Die Landstraße von Itzehoe nach Rendsburg ist in der Nähe von Rendsburg mittels einer Drehbrücke über den Kanal geführt, außerdem dienen die Hochbrücken bei Grünenthal und Levensau neben dem Bahnverkehr auch dem Straßenverkehr.

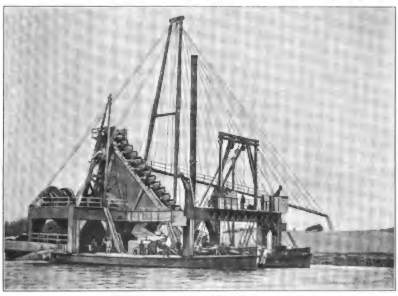
Für die Ausführung mußten rund 4000 ha Land zum Gesamtwert von etwa 9 Millionen Mark erworben werden, dazu kamen noch Aufwendungen im Betrage von $1\frac{1}{2}$ Millionen für Wirtschaftserschwernisse und Betriebsstörungen. Vom Sommer 1888 bis Frühjahr 1895 herrschte auf der ganzen Strecke eine rege Bauthätigkeit zur Bewältigung des im ganzen 82000000 cbm betragenden Erdaushubes. Die rechtzeitige Vollendung wäre nicht möglich gewesen, wenn die Unternehmer nicht auch in den im Trockenen auszuhebenden Einschnitten von den in Deutschland früher nur vereinzelt angewandten Trockenbaggern ausgedehnten Gebrauch gemacht hätten. Zur Zeit des größten Trockenaushubs im Jahre 1892 waren 28 Trockenbagger gleichzeitig im Betrieb, und zur Förderung der ausgeschachteten Massen dienten 94 Lokomotiven und 2756 Erdtransportwagen. Mit der nach der Tiefe fortschreitenden Vollendung des Kanalbettes nahm die Zahl der Trockenbagger naturgemäß ab, die der Schwimmbagger und Elevatoren zu, die bis auf 38 Stück stieg, dazu kamen noch 270 Schleppdampfer, Dampfprähme, Schuten und sonstige Schiffsgefäße. Die Stellung der sämtlichen zur Ausführung der Erdarbeiten nötigen Geräte und Maschinen war Sache der Unternehmer; zur Ausbaggerung der Häfen an den Mündungen wurden zwei von der Kanalverwaltung für die künftige Unterhaltung beschaffte Eimerbagger und 7 Dampfprähme in Dienst gestellt; mit den letzteren wurde das Baggergut weit hinaus in die Ostsee und in die Elbe gefahren und dort ausgekippt.

Der aus dem Kanalbett gewonnene Boden mußte, soweit er nicht zu Deichen und Bahn- oder Wegdämmen verwendet werden konnte, aus den Trockeneinschnitten mittels Lokomotiven auf seitliche Ablagerungsflächen verbracht werden, auf denen er stellenweise zu ganzen Bergen aufgetürmt worden ist. Die mit Naßbagger gewonnenen Massen wurden mittels Klappprähme in der Ostsee, im Flemhuder See oder in den Obereiderseen ausgekippt oder, wo solche Wasserbecken fehlten, mittels Elevatoren oder Spülbagger auf seitliche Ablagerungsflächen gespült (Abb. 501).

Mancher, der den Kanal befährt, wird der Ansicht sein, daß die Ausführung des Kanals in der Kudenseer Niederung, wo das Land so eben ist, daß vom Schiff aus der in 20 km Entfernung vom Kanal befindliche Kirchturm von Itzehoe deutlich zu sehen ist, und der fertige Kanal einem großen Graben gleicht, mit geringer Mühe möglich gewesen ist, und bei der Weiterfahrt durch den tiefen Einschnitt durch die Wasserscheide zwischen Elbe und Eider bei Grünenthal vielleicht im stillen staunend der Schwierigkeiten gedenken, die die Herstellung dieser Einschnitte gemacht haben mag. Aber gerade umgekehrt verhält es sich: die größten Schwierigkeiten stellten sich der Ausführung des Kanals durch die Kudenseer Niederung und auf ähnlichen Strecken entgegen. Der Untergrund in diesem Moorgebiet war auch bei fester Oberfläche so weich, daß ohne besondere Vorkehrungen der Aushub des Kanals gar nicht möglich gewesen wäre, weil auch bei flachster Neigung der Böschungen die Einschnittswände nicht stehen geblieben, sondern immer wieder zusammengeflossen wären. Vor Beginn der Ausschachtung wurden in solchen Strecken auf beiden Ufern breite Dämme aus Sand, der aus entfernten Einschnitten herbeigefahren werden mußte, geschüttet; der schwere Sand sank in den weichen Untergrund ein, stellenweise bis zu 13 m, dabei starke Auftreibungen bis zu 3 m über die ursprüngliche Bodenoberfläche nach beiden Seiten bildend; es wurden die Sanddämme so lange nachgeschüttet, bis kein weiteres Versinken mehr stattfand. Auf diese Weise wurden widerstandsfähige Ufer gebildet, zwischen denen die Ausschachtung und Ausbaggerung ausgeführt werden konnte; zugleich dienten die Sanddämme auch dazu, die in der Niederung erforderlichen Deiche

zu tragen, die sonst in dem nicht tragfähigen Untergrund den Sanddämmen gleich versunken wären. Es wurden nahezu 2 000 000 cbm Sand in solche Sanddämme verbaut.

Den großartigsten Eindruck machen auf den Kanalbesucher die beiden **Hochbrücken** bei **Grünenthal** und **Levensau**, die den Kanal in einem einzigen Bogen von 156,5 und 163,5 m überspannen und der Überführung der Eisenbahnen von Neumünster nach Heide und von Kiel nach Flensburg und zugleich dem Straßenverkehr dienen. Um die lichte Höhe von 42 m über dem Wasserspiegel zu gewinnen, den die Kriegsschiffe und großen Segelschiffe zu ihrer Durchfahrt brauchen, wobei sie aber immer noch die Oberbramstange streichen müssen, mußten auf den hohen Ufern noch gewaltige Dämme angeschüttet werden. Beide Brücken, die Grünenthaler mit ihrem leichteren eingleisigen Überbau und den durchbrochenen Widerlagern, die zweigleisige Levensauerbrücke mit der mehr geschlossenen Erscheinung des Eisenwerkes und den entsprechend massiveren Widerlagern, die hier wie



501. Spülbagger mit angespültem Sanddamm.

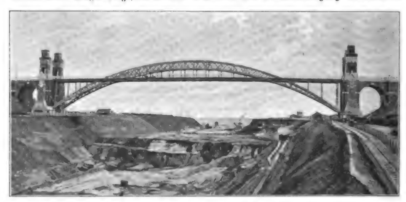
dort als einzigen Schmuck den Reichsadler tragen und sonst ganz einfach gehalten sind, stellen sich von der Ferne und in der Nähe gesehen gleich vorteilhaft dar, und es wäre schwer zu sagen, welcher von beiden in der äußeren Erscheinung der Vorzug gebührt.

Nicht geringere Leistungen der Technik, wenngleich für das Auge weniger befriedigende Erscheinungen, sind die **Drehbrücken** und zwar die Drehbrücke bei Taterpfahl zur Überführung der Bahn von Itzehoe nach Heide, die Straßendrehbrücke bei Rendsburg zur Überführung der Landstraße von Itzehoe nach Rendsburg und die zwei Eisenbahndrehbrücken bei Westerrönfeld zur Überführung der zweigleisigen Bahn Neumünster-Rendsburg. Diese Drehbrücken überspannen den Kanal mit einer Öffnung von 50 m Lichtweite und werden durch Druckwasser bewegt, und es macht einen großartigen Eindruck, die 50 m langen Arme wie von Zauberkraft bewegt zu sehen, da von der bewegenden Kraft gar nichts wahrzunehmen ist. Das Druckwasser wird in am Ufer befindlichen Maschinenstationen erzeugt. Die Pfeiler der Brücken sind mittels Druckluftverfahren gegründet. Durch mit den Brücken in Abhängigkeit gebrachte Signale wird sowohl den Schiffen, wie den Bahnzügen die Stellung der Brücke von weitem angezeigt. Während die Eisenbahnbrücken stets geöffnet sind und erst vor der Überfahrt eines Zuges geschlossen

Digitized by Google

werden, ist die Straßenbrücke für gewöhnlich geschlossen und wird erst bei Annäherung eines Schiffes ausgedreht.

Die wichtigsten Bauwerke am Kanal sind die Schleusen an den beiden Mündungen. Jede Schleuse besteht aus zwei, durch eine 12,5 m starke Mittelmauer getrennten Kammern von 25 m lichter Weite und 150 m nutzbarer Länge, von denen die eine für die Einfahrt, die andere für die Ausfahrt dient. Die Bauwerke in Holtenau und Brunsbüttel sind, abgesehen von geringen Abweichungen, ganz gleich angeordnet; der Hauptunterschied ist, daß die Schleuse an der Elbe wegen der dort vorkommenden höheren Wasserstände höhere Abschlußvorrichtungen als die Schleuse in Holtenau erhalten mußte. Die Ausführung beider unterschied sich dadurch, daß die Schleuse in Holtenau, trotz der Nähe der Ostsee nach Absenken tiefer Brunnen, durch die mittels kräftiger Pumpen der Wasserstand gesenkt werden konnte, ganz im Trocknen ausgeführt werden konnte, was in Brunsbüttel wegen zu großen Wasserandranges nicht gelang; dort mußte die Baugrube bis zu einer Tiefe von 15 m unter der Bodenoberfläche durch einen über den Elbdeich herübergeschafften Eimerkettenbagger ausgebaggert und das 4 m hohe Betonbett durch Versenken des Betons unter Wasser hergestellt werden. Erst dann war die Trockenlegung der Baustelle



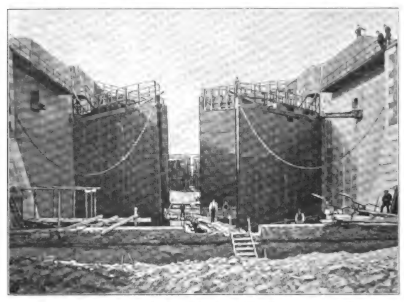
502. Einschnitt bei Grünenthal mit Hochbrücke.

und die Aufführung des Mauerwerks möglich. Jede Schleuse enthält im Außen- und Binnenhaupt die Flut- und Ebbethore, um die hohen Außenwasserstände vom Kanal abzuhalten und ein zu tiefes Abfallen des Wasserspiegels im Kanal bei Ebbe zu verhindern, und im Mittelhaupt die sogenannten Sperrthore, die ermöglichen, bei ein- oder ausgehendem Strom den Wasserdurchfluß abzusperren, um dann die Flut- oder Ebbethore schließen zu können. Jede Kammer hat 6 Thorpaare, bestehend aus je 2 Flügeln, jede Schleuse somit im ganzen 24 eiserne Thorflügel. Zum Trockenlegen der Schleusen bei einer etwaigen notwendigen Ausbesserung an den Thoren können dieselben durch Abschlußpontons, die sich in Falze an den Häuptern wasserdicht anlegen, abgeschlossen werden. Bewegt werden die Thore, sowie die zum Verholen der Schiffe dienenden Spills und die zum Füllen und Leeren der Kammern dienenden Schützen in den Umläufen, durch Druckwasser von 55 Atmosphären Pressung, das in der nahe gelegenen Maschinenstation erzeugt wird. In den Schleusenmauern sind Maschinenkammern für die Maschinen zum Bewegen der Thore angelegt, welche elektrisch beleuchtet und im Winter mit Dampf geheizt werden. Für die Schleuse in Brunsbüttel waren erforderlich 70 000 cbm Beton, 79 000 cbm Mauerwerk und 5000 cbm Werksteine aus bayerischem Granit. Von demselben Umfang waren ungefähr die in Holtenau verwendeten Massen.

An jede der Schleusen schließt sich ein geräumiger Binnenhafen und ein Außenhafen, welch letzterer sich in Holtenau zwischen Ufermauern nach dem Kieler Hafen, in Brunsbüttel zwischen Molen nach der Elbe erweitert.

Digitized by Google

Die verschiedenen kleineren Schleusen- und Hafenanlagen, die zahlreichen Hochbauten auf der Strecke und an den Mündungen, wo sich ganze Ansiedelungen gebildet haben, die Fernsprech- und Telegraphenanlagen und die sonstigen Signalanlagen zur Sicherheit des Schiffahrtsbetriebes zu besprechen, reicht der Raum nicht aus. Erwähnt seien nur noch die Pegeltürme in Brunsbüttel und Holtenau, auf denen von weitem auf 3 m im Durchmesser haltenden Zifferblättern die Wasserstände innerhalb und außerhalb des Kanals abgelesen werden können. Bei Eintritt von für den Betrieb der Schleusen besonders wichtigen Wasserständen ertönt selbstthätig ein Glockenzeichen, um die Aufmerksamkeit des Schleusenpersonals zu erregen. Um den Kanal auch bei Nacht mit Sicherheit befahren zu können, sind an beiden Ufern Lichtträger aufgestellt, in geraden Strecken in Abständen von 250 m, in den schärfsten Kurven in Abständen von 80 m, welche in 4 m Höhe über



503. Schleuse zu Brunsbüttel.

dem Wasserspiegel Glühlampen von 25 Kerzenstärken tragen. Da nicht nur die Kanalstrecke selbst beleuchtet werden mußte, sondern namentlich an den Schleusen für Gebäude- und Hafenleuchten großes Lichtbedürfnis war, so wurde an jeder Mündung eine elektrische Zentrale zur Erzeugung des Stromes errichtet, um den Kanal von der Mündung bis zur Mitte mit Licht zu versorgen. Die Kanalleitung besteht aus 4 mm Kupferdraht. Die elektrische Beleuchtung ist von der Aktiengesellschaft Helios in Köln-Ehrenfeld ausgeführt worden. Die Einfahrt in den Kanal wird in Brunsbüttel durch kleine auf den Molenköpfen, in Holtenau durch auf den äußersten Enden der Erdanschüttungen am Außenhafen errichtete Leuchttürme bezeichnet. Der nördlichste Leuchtturm von Holtenau erhebt sich über dem von Kaiser Wilhelm I. gelegten Grundstein, einem achteckigen Gewölbebau, der über dem Eingang mit einem Bronzerelief von dem Bildhauer E. Herter in Berlin, die Vereinigung von Nord- und Ostsee durch den Kanal darstellend, geschmückt ist. Das Innere dient als Gedächtnishalle und ist mit den Bildnissen der drei Kaiser und mit Gedächtnistafeln, die wichtigsten Angaben über den Kanalbau enthaltend, ausgestattet.

Fürsorge für die Arbeiter. Die größte Zahl der am Kanal gleichzeitig beschäftigten Arbeiter, Handwerker, Schiffer einschließlich des Aufsichtspersonals betrug zur

Digitized by Google

Zeit der regsten Thätigkeit in den Sommermonaten 1892 rund 8900 Mann. In dem längs der Kanallinie wenig bevölkerten Holstein wäre die Unterbringung und Verpflegung der zahlreichen Arbeitermassen ohne besondere Vorkehrungen nicht möglich gewesen. Anstatt diese Vorkehrungen den Unternehmern zu überlassen, nahm die Kanalverwaltung die Unterbringung und Verpflegung selbst in die Hand, errichtete längs des Kanals an den geeigneten Punkten bald größere, bald kleinere Barackenlager, je nach der Zahl der an den einzelnen Arbeitsstellen zu beschäftigenden Arbeiter. Neben den Schlafbaracken, die für je 50 oder 100 Mann bestimmt waren, wurden noch Gebäude für Küche, Verwalterswohnung, Speisesaal u. s. w. errichtet. Die Aufsicht und Bewirtschaftung eines Barackenlagers führte der Barackenverwalter mit dem nötigen Dienstpersonal, die Vorgesetzten der Barackenverwalter waren Barackeninspektoren, frühere Militärs. Einzelstehende Arbeiter waren zum Wohnen in den Baracken verpflichtet und zahlten für Wohnung, Heizung, Beleuchtung, Morgenkaffee und reichliches Mittagsessen, etwa den Rationen der Soldatenkost entsprechend, 65 Pfennig; der Betrag wurde dem Arbeiter vom Unternehmer am Lohn in Abzug gebracht und alle 14 Tage an die Kanalkommission abgeführt. Auf diese Weise waren die Unternehmer von der Fürsorge für Unterbringung und Verpflegung der Arbeiter entlastet, und die Arbeiter genossen den Vorteil guter gesunder Wohnung und kräftiger Nahrung zu billigen Preisen. In den Baracken hielten zugleich die Krankenkassenärzte ihre Sprechstunden ab, und an Sonntagen fanden in denselben Gottesdienste für die Kanalarbeiter statt. Außer diesen Barackenlagern waren von der Kanalverwaltung auch noch 2 Lazarette für je 30 Kranke neu gebaut worden, an Stellen, an denen sonst keine Gelegenheit zur Unterbringung kranker oder verunglückter Arbeiter sich bot.

Die militärische Bedeutung des Kaiser Wilhelm-Kanals liegt darin, daß durch diese vom Ausland unabhängige Verbindung die deutsche Kriegsflotte in einer verhältnismäßig kurzen Zeit, entweder in der Ostsee oder in der Nordsee, vereinigt werden kann. Der Kaiser Wilhelm-Kanal ist daher ein wertvolles Verteidigungsmittel und für die Stärkung der Streitkräfte zur See von unberechenbarem Vorteil.

Die wirtschaftliche Bedeutung besteht, wie ein Blick auf die Karte lehrt, in der bedeutenden Abkürzung des Seeweges um Skagen, in der Verminderung der Seegefahren und in dem durch die bessere Verbindung herbeigeführten vermehrten Warenaustausch zwischen den Häfen der Nord- und der Ostsee.

In der nachfolgenden Tabelle ist die Ersparnis an Weglänge und Zeit für Dampferfahrten von verschiedenen Häfen der Nordsee aus nach der Ostsee nach offiziellen Berechnungen im Auszug zusammengestellt.

Reiseabkürzung bei Benutzung des Kaiser Wilhelm-Kanales.

Dampferfahrt nach der Ostsee von	Weglänge für die Fahrt vom Nordseehafen bis zum gemeinschaftlichen Schnittpunkte aller Schiffahrtslinien zwischen Wittow auf Rügen und Torp in Schweden bei Benutzung des Weges				Zeit		Gewinn an bei Benutzung des Kaiser Wilhelm-Kanales		
	um Skagen		durch den Kanal		um Skagen	durch den Kanal	Weglänge		Zeit
	Seemeilen	km	Seemeilen	km	Stunden	Stunden	Seemeilen	km	Stunden
Hamburg	646	1196,4	221,2	409,7	78,30	33,99	424,8	786,7	44,91
Bremerhaven	595	1101,9	272,2	504,1	72,12	39,58	322,8	597,8	32,54
Emden	629	1164,9	346,2	641,2	76,24	48,55	282,8	523,7	27,69
Amsterdam	687	1272,3	450,2	833,7	83,27	61,15	236,8	438,6	22,12
Rotterdam	716	1326,0	479,2	887,4	86,78	64,67	236,8	438,6	22,12
Antwerpen	777	1439,0	540,2	1000,4	84,18	72,06	236,8	438,6	22,12
Dünkirchen	800	1481,6	561,2	1039,3	96,96	74,61	238,8	442,3	22,35
London	830	1537,2	591,2	1094,9	100,60	78,24	238,8	442,3	22,36
Hull	717	1327,9	536,2	993,1	86,90	71,58	180,8	334,8	15,32
Hartlepool	692	1281,6	571,2	1057,9	83,88	75,82	120,8	223,7	8,06
New Castle	698	1292,7	591,2	1094,9	84,60	78,24	106,8	197,8	6,36
Leith	730	1352,0	646,2	1196,8	88,48	84,91	83,8	155,2	3,57

Aus der Tabelle geht hervor, daß der Kanal für alle diejenigen Häfen am meisten Vorteil bietet, welche südlich vom Kanal liegen, und daß für Hamburg die Abkürzung und damit der Zeitgewinn für die Fahrt nach der Ostsee am größten ist. Hamburg hat seine günstige Lage rechtzeitig erkannt, eine ganze Anzahl direkter Linien nach den Ostseehäfen eingerichtet und dadurch seinem gesamten Seeverkehr mit den Ostseehäfen einen gewaltigen Aufschwung verschafft.

Die Zeitersparnis der Segelschiffe ist natürlich von der Witterung abhängig und kann sich auf Wochen belaufen.

Die Ersparnisse, welche der Schiffahrt bei der Fahrt durch den Kanal erwachsen, setzen sich zusammen aus der Ersparnis an Frachtkosten für die kürzere Fahrtdauer, aus der Verminderung der Versicherungsgebühr wegen des weniger gefahrvollen Weges und aus dem Fortfall der Gelder, welche namentlich im Winter durch das häufig notwendig werdende Anlaufen eines Nothafens im Kattegat und Skagerrak zu entrichten waren.

Die Tageskosten für Dampf- und Segelschiffe in Fahrt werden wie in nachstehender Tabelle zusammengestellt, angegeben:

Größe der Schiffe	Tageskosten			
	für Dampfschiffe		für Segelschiffe	
	für das Schiff	für die Registertonne	für das Schiff	für die Registertonne
Registertonnen	M.	Pf.	M.	Pf.
200—300	—	—	30—35	13
300—400	—	—	35—42	11
400—500	—	—	42—48	10
500—600	225	41	48—54	9
600—700	240	37	54—60	9,5
700—800	295	39	60—68	9
800—900	320	38	68—80	9
900—1000	350	37	80—90	9

Welche Gefahren den Schiffen auf der Fahrt um das Kap Skagen trotz verbesserter Seekarten, Betonnung und Beleuchtung drohen, mag daraus hervorgehen, daß nach neueren zuverlässigen Aufstellungen an Kap Skagen jährlich 500 Menschenleben, 100 Schiffe und Werte im Betrage von 10 000 000 Mark verloren gehen.

Ganz ohne Gefahren hat sich die Fahrt durch den Kaiser Wilhelm-Kanal bis jetzt allerdings auch nicht erwiesen; innerhalb $1^3/_4$ Jahre haben 224 leichte und 18 schwere Unfälle stattgefunden. Die Hebung des bei einem Zusammenstoß gesunkenen dänischen Dampfers „Johann Siem" hat allein 68 000 Mark gekostet. Die Versicherungsgesellschaften sind deshalb auch in der ersten Zeit nach der Eröffnung des Kanals mit den Prämien nicht herabgegangen.

Der Ertragsberechnung wurde eine jährliche Zahl von 18000 den Kanal passierenden Schiffen mit etwa 5 500 000 Registertonnen zu Grunde gelegt und daraus bei einer durchschnittlichen Kanalabgabe von 75 Pfennig für die Registertonne eine Einnahme von 4 125 000 Mark berechnet, wodurch sich nach Abzug der jährlichen Unterhaltungskosten im Betrage von 1 900 000 Mark eine Verzinsung zu 4 % für die 55 Millionen Mark ergeben, welche von den Gesamtbaukosten von 156 000 000 Mark übrig bleiben, wenn man die Aufwendungen im Interesse der Kriegsflotte im Betrag von 51 000 000 Mark und den von Preußen bezahlten besonderen Beitrag von 50 000 000 Mark in Abzug bringt. Diese Erwartungen haben sich bei weitem nicht erfüllt, obgleich die Abgaben nicht zu 75 Pfennig für die Registertonne, sondern für die ersten 600 Registertonnen netto zu 60 Pfennig, für die überschießenden zu 40 Pfennig festgesetzt wurden. Während des Winterhalbjahrs, 1. Oktober bis 31. März, trat eine Erhöhung um 25 % obiger Sätze ein. Der Verkehr im ersten Betriebsjahre nach der Eröffnung, 1. Juli 1895 bis 30. Juni 1896, war

	7531 Dampfschiffe	mit zusammen	1 140 578 Registertonnen
	9303 Segelschiffe	„ „	365 405 „
zus.	16834 Schiffe		1 505 983 Registertonnen.

Dem zu hohen Tarif wurde die Schuld an dem geringen Verkehr zugeschrieben, und es wurde deshalb der Tarif, der bis zum 30. September 1899 durch den Kaiser im Einvernehmen mit dem Bundesrat festgesetzt werden konnte und später durch den Reichstag festgelegt wird, vom 1. September 1896 ab ermäßigt auf: für die ersten 400 Registertonnen netto je 60 Pfennig, für die überschießenden bis einschließlich 600 Registertonnen 40 Pfennig, für die weiter überschießenden bis einschließlich 800 Registertonnen je 30 Pfennig, für die weiter überschießenden Registertonnen je 20 Pfennig. Während der Monate Oktober bis einschließlich März sind die Abgabensätze um 10 % höher.

Durch diesen Tarif sind erhebliche Erleichterungen geschaffen worden, was sich auch in der Zunahme des Verkehrs gezeigt hat. In der Zeit vom 1. September 1896 bis 31. März 1897 ist gegen den gleichen Zeitraum des Vorjahres die Zahl der Dampfer von 3707 mit 647 365 Tonnen auf 4187 mit 880 417 Tonnen, die Zahl der Segler von 4373 mit 182 238 Tonnen auf 5644 mit 223 693 Tonnen, die Kanalgebühren von 496 399 Mark auf 533 059 Mark, das ist um 36 660 Mark oder 1,4 % gestiegen.

Im Haushaltungsjahr 1896/97 haben den Kanal befahren

8 287 Dampfschiffe	mit zusammen	1 407 435 Registertonnen
11 673 Segelschiffe	" "	441 023 "
zus. 19 960 Schiffe		1 848 884 Registertonnen.

Die Einnahmen der Kanalverwaltung haben betragen: 1 016 854 Mark, die Ausgaben 2 074 792 Mark. Der Kanal hat somit seine Betriebs- und Unterhaltungskosten nicht ganz zur Hälfte gedeckt.

Im Berichtsjahr 1898/99 ist der Kanal befahren von

11 005 Dampfschiffen	mit zusammen	2 467 839 Registertonnen
14 811 Segelschiffen	" "	650 001 "
zus. 25 816 Schiffe		3 117 840 Registertonnen.

Die Einnahmen betrugen 1 634 337 Mark, die Ausgaben 2 066 737 Mark, so daß sich das Defizit nur noch auf 432 490 Mark belief. Diese Zahlen zeigen, daß eine allmähliche Erzielung befriedigender Einnahmen durch den wachsenden Verkehr erwartet werden darf.

Der Seekanal von St. Petersburg nach Kronstadt. Das östliche Ende des Finnischen Meerbusens weist nur geringe Tiefen auf, so daß nur Schiffe mit 2 bis 3 m Eintauchungstiefe in die Newa einlaufen können. Unter diesen Verhältnissen mußte in dem vor St. Petersburg liegenden Kronstadt eine Umladung vorgenommen werden, wodurch erhebliche Unkosten entstanden. Überdies war es den Leichterschiffen bei stürmischem Wetter auch häufig nicht möglich, die Fahrt nach dem im offenen Meere liegenden Kronstadt anzutreten. Die Verzögerung und die hohen Versicherungsprämien verteuerten die Fahrt derart, daß beispielsweise der Transport einer Tonne Kohlen von Newcastle nach Kronstadt 6,5 Mark, nach dem dicht dabei liegenden Petersburg aber 8,5 Mark kostete. Der jährliche Schaden des Verkehrs wurde zu 16 bis 18 Millionen Mark geschätzt. Um diese Übelstände zu beseitigen, schritt man 1874 zur Herstellung eines Seekanals im wahren Sinne des Wortes, da dieser Kanal thatsächlich durch die See geführt ist. Der Kanal wird auf einer Länge von 12 km beiderseits von Molen begrenzt, deren Abstand voneinander 210 m beträgt. Zwischen diesen Molen ist eine in der Sohle 84 m breite Schiffahrtsrinne auf 6,73 m Tiefe ausgebaggert. Zwischen den Endpunkten der Molen und Kronstadt ist auf einer Länge von fast 20 km eine einfache Rinne von gleicher Tiefe und Breite gebaggert worden.

Der Kanal von Korinth. Dem Umstand, daß die Terrainbeschaffenheit der Landenge von Korinth einen leichten Verkehr nach der Küste des Ägäischen Meeres gestattet, verdankte der Golf von Korinth bereits im Altertum seine Bedeutung als kürzeste Wasserstraße zwischen Brundusium, dem jetzigen Brindisi in Italien und Athen. Die hier einst vorhanden gewesene Schleifbahn (Diolkos) zum Schiffstransport hat oben bereits Erwähnung gefunden. Erzherzog Ludwig Salvator schreibt in seinem Werke: „Eine Spazierfahrt im Golfe von Korinth“: „Kein Busen des Mittelsmeeres hatte in der antiken Welt eine so große Bedeutung, wie der Golf von Korinth. Als Seestraße

im Herzen von Griechenland, als der gewöhnlichste Verbindungsweg zwischen Ost und West, war derselbe das Emporium antiker Zivilisation. Reiche Städte zierten seine Ufer, vor allen Korinth als die herrlichste von Hellas. Aber auch gegenwärtig noch könnte der korinthische Busen durch den Durchstich des Isthmus seine einstige Wichtigkeit erlangen." Wenn auch letztere Ansicht bei der vollständig veränderten Sachlage nicht als ganz zutreffend bezeichnet werden kann, so hat doch Neu-Korinth durch die glücklich vollendete Durchstechung der Landenge immerhin wieder eine gewisse Bedeutung erlangt.

Die Geschichte des modernen Kanals reicht bis in das Jahr 1870 zurück. Das erste Projekt war zu billig veranschlagt, und der Plan kam nicht über das Anfangsstadium hinaus. Im Jahre 1881 trat General Stefan Türr mit einem neuen Projekte hervor und erlangte für dasselbe 1882 die Genehmigung der Regierung. Das Projekt ist in

504. St. Petersburg-Kronstadter Kanal.

den Jahren 1882—1893 durch eine französische Gesellschaft, Société internationale du Canal maritime de Corinthe, zur Verwirklichung gekommen. Die Länge des Kanals beträgt 6300 m, die Sohlenbreite 22 und die Wassertiefe $8\frac{1}{2}$ m. Nicht weit von der westlichen Kanalmündung überschreitet auf einer 47 m hohen Brücke die nach Athen führende peloponnesische Eisenbahn den Kanal. Die größte Einschnittstiefe erreicht das sehr bedeutende Maß von 80 m.

Der Panamakanal. Die Geschichte dieses großen Bauunternehmens enthält bis jetzt wenig erfreuliche Daten. Die natürliche Einschnürung an der Verbindungsstelle von Nord- und Südamerika führte von selbst auf den Gedanken einer künstlichen Durchbrechung derselben, und es erscheint nur erklärlich, daß dieser Gedanke bereits bald nach der Entdeckung dieses Erdteils auftauchte. Damals erhob der Jesuitenorden Einsprache gegen diesen Plan. „Läge es nicht überhaupt außerhalb menschlichen Könnens", so führte derselbe aus, „so möchte doch die Strafe des Himmels für die Vermessenheit zu befürchten sein, die göttliche Anordnung verbessern zu wollen." Wenn auch eine aufgeklärtere Zeit derartige Einwendungen längst wirkungslos gemacht hat, so hat sich doch leider bei dieser Aufgabe bisher

Digitized by Google

505. Mündung des Kanales von Korinth.

Digitized by Google

das menschliche Können als nicht ausreichend erwiesen. An dieser Stelle kann nicht auf alle Verhältnisse eingegangen werden, die es bewirkt haben, daß bis jetzt ein kolossales Kapital nutzlos aufgewandt zu sein scheint. Ob und wann die Vollendung der Arbeiten zu erwarten ist, kann in diesem Momente niemand sagen. Eine neue französische Gesellschaft ist nach dem skandalösen Zusammenbruch der alten Kompagnie gebildet und hat die Arbeiten wieder aufgenommen.

Bestimmte Formen nahm das Projekt, eine Durchstechung der Landenge, zuerst unter dem König Karl IV. an, der Vermessungen vornehmen ließ. Damals glaubte man, eine solche Verbindung nur unter Benutzung der vorhandenen Flüsse und Seen schaffen zu können. Nach Loßreißung des Staates Nicaragua von Spanien im Jahre 1821 wurde das Projekt von der Regierung des neuen Staates aufgenommen. Verschiedentlich bildeten sich Gesellschaften zur Verwirklichung des Projektes. Eine dieser Gesellschaften gelangte durch ihre Vorarbeiten zur Herstellung der Panama-Eisenbahn. Im Jahre 1851 baute die Kompagnie Vanderbilt nach Ausführung von Vorarbeiten eine Straße längs des Flusses San Juan nach dem Nicaraguasee und stellte durch direkte Dampferlinien von New York nach San Juan und von San Francisco nach der westlichen Küste der Landenge einen gewissen direkten Verkehr her, jedoch kam die eigentliche Sache nicht weiter. Im Jahre 1875 wurde von dem Kongreß der Vereinigten Staaten eine Kommission mit dem Studium dieser Frage beauftragt. Dieselbe untersuchte sowohl die frühere sogenannte Nicaragualinie, als eine solche über den Isthmus von Panama. Diese Kommission gab der ersteren Linie den Vorzug.

Nach der Fertigstellung des Suezkanals erschien dessen Schöpfer, Lesseps, auf dem amerikanischen Schauplatz. Nachdem auch dieser sich für die Nicaragualinie ausgesprochen hatte, trat er mit einem Male mit dem Projekt eines Kanals ohne Schleusen, d. h. also mit einer Verbindung der beiden Ozeane durch einen Niveaukanal, auf. Im Jahre 1880 gelang Lesseps die Bildung einer Gesellschaft für den Bau eines Kanals zwischen Panama am Stillen Ozean und einem in der Nähe von Colon am Atlantischen Meere gelegenen Punkte. Die zu überwindenden Schwierigkeiten bestehen nicht nur in der Bewältigung ganz kolossaler Erd- und Felsmassen, sondern auch in den ungünstigen klimatischen Verhältnissen des Landes. Die enormen Summen, die der Bau bereits verschlungen hat, und die große Schwächung, welche der Baufonds durch Unterschlagungen und Bestechungsgelder erlitt, zwangen Lesseps bereits im Jahre 1887, die ursprüngliche Idee fallen zu lassen und die Herstellung eines Schleusenkanals ins Auge zu fassen. Vierzehnhundert Millionen Frank sind für dieses Unternehmen aufgewandt worden, ohne daß bisher ein greifbares Resultat erzielt worden ist. Dieser traurige Ausgang kann nach Lage der Verhältnisse nur zu einem geringen Teile dem Unvermögen der Ingenieurtechnik zugeschrieben werden. Die zu überwindenden Verhältnisse sind zwar außergewöhnlich schwieriger Art, aber bisher ist es der Ingenieurtechnik noch überall möglich gewesen, die sich ihr entgegenstellenden Hindernisse aus dem Wege zu räumen, und so darf die Hoffnung gehegt werden, daß es derselben, nicht gehemmt und gelähmt durch menschliche Schwächen und Laster, dereinst vergönnt sein wird, den Triumph der Vollendung auch dieses Werkes zu feiern.

Das gleiche Schicksal, wie der Panamakanal, haben bis jetzt die beiden Konkurrenzunternehmungen gehabt, der Nicaragua-Schiffskanal und die Schiffseisenbahn von Tehuantepec, d. h. auch diese beiden Projekte sind noch nicht vollendet. Das Projekt des Kapitäns Eads, eine Schiffseisenbahn zu bauen, dürfte mit dem Tode des Erfinders gleichfalls zu Grabe getragen sein. Dieser Plan hat daher nur geschichtliches Interesse. Durch die Bahn sollten Schiffe bis zu 5000 t Tragfähigkeit, nachdem dieselben aus dem Wasser gezogen waren, über Land auf einem Untergestell transportiert werden, dessen Räder auf Schienen laufen sollten, also eine ähnliche Konstruktion, wie sie in neuester Zeit für geneigte Ebenen in Vorschlag gebracht worden ist.

Die vom Bundeskongreß der Vereinigten Staaten von Nordamerika eingesetzte Kommission zur Untersuchung des Planes für den Nicaragua-Kanal hat die Vorarbeiten dieses Unternehmens beendet. Ob das Projekt zur Ausführung kommen wird, muß zur Zeit dahingestellt bleiben. Von großem Einfluß wird in dieser Beziehung sein, ob es der neuen Panamakanal-Gesellschaft gelingen wird, den Ausbau dieses Kanals zu fördern oder nicht.

506. Das Meerschloß in Saida.

Seehäfen.

Von frühen Zeiten an hat sich das Meer trotz seiner enormen Ausdehnung als ein hervorragendes Mittel zur Verbindung der durch dasselbe getrennten Länder erwiesen. Allerdings galt es, die Furcht vor seiner Unermeßlichkeit zu überwinden und Hilfsmittel zu ersinnen, um sich auf dem Ozean zurechtfinden zu können. Solange beides nicht der Fall war, hielten sich die Schiffer ängstlich an den Ufern, und die Seeschiffahrt war weiter nichts als eine Küstenschiffahrt, allein auch diese besaß schon für den Handel eine außerordentliche Bedeutung. Die Forschung hat mit Sicherheit nachgewiesen, daß die Menschheit bereits seit mehr als 5000 Jahren Seeschiffahrt treibt. Babylonier, Ägypter und Phönizier sind die ältesten bekannten Völker, deren Schiffe sich auf das Meer hinauswagten. Ihnen folgten die Griechen und später die Römer, wie überhaupt alle an dem Meeresgestade wohnenden Völker ihre günstige natürliche Lage auszunutzen suchten.

Unbedeutend wie die ersten Seeschiffe, waren die Vorbereitungen, welche am Lande getroffen wurden, um die Schiffe zu beladen und zu löschen. Diese Vorkehrungen dürften im Anfange des Seehandelsverkehrs kaum über jene Anlagen hinausgegangen sein, die heute für Schifferboote beansprucht werden. Der Abstand zwischen jenen ersten primitiven Schöpfungen und den gewaltigen, imposanten, modernen Hafenanlagen der großen Seestädte New York, London, Hamburg, Liverpool und wie sie alle heißen, ist ein gewaltiger.

Wir wissen bisher wenig von den Hafenanlagen der Ägypter und Chinesen, auch über derartige Bauten der Babylonier gibt die Geschichte nur spärliche Kunde. Nebukadnezar ließ an der Mündung der mesopotamischen Ströme Teredon anlegen; welche Bauten hier jedoch zur Ausführung kamen, ist noch nicht ermittelt. Das größte Handelsvolk des Altertums, die Phönizier sind es, von deren ausgedehnten Hafenbauten zu Tyrus, Sidon, zu Aradus und den durch phönizische Kolonisten geschaffenen mächtigen Hafenanlagen zu Karthago uns die Geschichte berichtet. Heute sind alle diese einst so glänzenden Schöpfungen, zum Teil durch die Natur, zu einem noch größeren Teil jedoch durch die vernichtende Macht der Menschen selbst, nur Trümmerhaufen, und nur spärliche Reste geben Zeugnis von der einstigen Herrlichkeit. Tyrus erlag dem Anstürmen eines Alexander. Sidon, dessen größte Blüte vom 16. bis 11. Jahrhundert v. Chr. fiel, verschwand während der Kreuzzüge fast ganz vom Erdboden. Aus letzterer Zeit stammt wahr-

Digitized by Google

scheinlich das schöne hier abgebildete Meerschloß (Abb. 506), das leider im Jahre 1840 durch das Bombardement der englisch-österreichischen Flotte zerstört wurde. Der antike Hafen, zu dessen Schutz die Phönizier mächtige Molen errichtet hatten, ist durch den eingebrachten Schutt unbrauchbar geworden. Die Eifersucht und der Neid spornten die Römer an, der Herrlichkeit Karthagos ein jähes Ende zu bereiten.

Von bescheidenen Hafenanlagen berichtet die älteste Geschichte Griechenlands. Zu Pylos und Methone finden wir heute noch die unbedeutenden Überreste der einstigen künstlichen Häfen. In den kleinasiatischen Kolonien entstanden die ersten bedeutenderen griechischen Hafenbauten, und stattlich wurde nach und nach die Zahl der griechischen Seestädte, von welchen sich eine nicht geringe Anzahl eines großen Ruhmes erfreute, es sei hier nur an Ephesos, Samos, Rhodos, Knidos, an Cyzicus, Heraklea, Sinope, Trapezus und auf Sizilien an Syrakus erinnert. In Griechenland selbst entstanden die bedeutendsten Hafenanlagen im Piräus, woselbst sich die Kriegs- und Handelshäfen Athens befanden. Von dem Handelshafen war ein Teil als Emporium abgegrenzt. Man verstand hierunter einen abgegrenzten Hafenteil, in dem der Seehandel mit fremden Nationen und die Einfuhr ausländischer Handelswaren gestattet war. Hier standen das Hafen- und Zollamt, die Börse, das Handelsgericht, hier lagen die Kaufstellen und Entrepots, die Gasthäuser, Herbergen, Kaufläden und andere Anstalten, die zur Erleichterung des Handels und für die Bequemlichkeit der Seefahrer bestimmt waren. Die athenischen Kriegshäfen bildeten in erster Linie die Hafenbecken Zea und Munychia im Piräus. Hier befanden sich die zahlreichen Schiffshäuser, in welchen die Kriegsschiffe aufbewahrt wurden, und hier stand das viel bewunderte Zeughaus des Philon, das auf Sullas Befehl, wie auch alle Schiffshäuser, der Vernichtung durch Feuer anheimfiel (86 v. Chr.).

Von den durch griechischen Einfluß in späterer Zeit entstandenen Hafenanlagen sind besonders Alexandria und Seleucia Pieria, das Emporium der orientalischen Prachtstadt Antiochia am Orontes, zu nennen. Infolge der ungünstigen Wind- und Stromverhältnisse war die Einfahrt in den großen Hafen von Alexandria nicht immer leicht, und um dieselbe bei Nacht weniger gefahrvoll zu gestalten, wurde auf der Insel Pharus ein mächtiger Leuchtturm errichtet. Dieser Bau, der von dem Baumeister Sostratus, dem Sohne des Dexiphanes, errichtet war, wurde zu den Weltwundern gerechnet. Seine Herstellungskosten sollen über 3½ Millionen Mark betragen haben.

Die Römer wurden verhältnismäßig erst spät ein seefahrttreibendes Volk. Die Küstenbildung Italiens ist für die Anlage von Häfen nicht günstig, und diese Anlagen bedingten mächtige Kunstbauten. Unter den Kaisern entstanden bei Ostia an der Tibermündung große Hafenbassins. Die ersten Arbeiten kamen hier unter Kaiser Claudius zur Ausführung. Die Lage des Wellenbrechers war gegen den Rat der Ingenieure erfolgt und erwies sich für die Einfahrt der Schiffe als sehr ungünstig. Noch bedeutender waren die Hafenbauten Trajans an der Tibermündung. Mit dem Trajanshafen standen umfangreiche Magazine, Dockanlagen und alle sonstigen, für eine ausgedehnte Seeschiffahrt erforderlichen Anstalten in Verbindung.

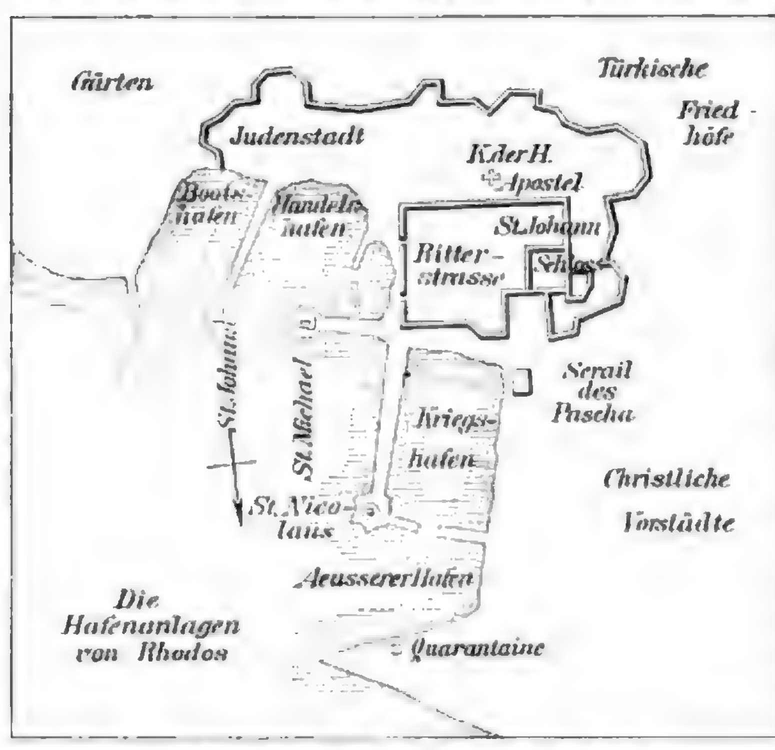
In Rom selbst, wohin im Altertum die weit kleineren Seeschiffe gelangen konnten, wurden an dem Tiberufer Kaimauern mit Landungsanlagen hergestellt. Für die Handelsschiffe diente das Emporium, für die Kriegsschiffe waren die Navalien bestimmt. Die starke Sandmitführung des Tiberstromes und die Anladung der italienischen Küste bewirkten im Laufe der Jahrhunderte eine vollständige Versandung der großartigen Hafenanlagen an der Mündung, von welchen heute nur noch Spuren vorhanden sind, die weit von der Meeresküste abliegen.

Von den römischen Hafenstädten sind außerdem Puteoli, Antium, Ancona, Centumcellae zu nennen. Nicht unerwähnt darf die Schöpfung Herodes des Großen bleiben, jener Wunderbau zu Cäsarea, von dem heute nur noch einige, wenn auch gewaltige Reste Kunde geben. Bei dem Stratonsturme baute er einen geräumigen Hafen, dessen Größe diejenige des Piräus übertraf. Der Schutzdamm hatte eine Tiefe von 20 Ellen. Derselbe diente als Wellenbrecher und zur Aufnahme einer Mauer, deren Höhe über dem Meeresspiegel 65 m gewesen sein soll. Um den ganzen Hafen ließ Herodes die schönsten

Häuser errichten, und in dem in der Mitte liegenden Tempel fand die Statue des Augustus und das Standbild der Roma Aufnahme. Zur Zeit der Apostel war Cäsarea ein wichtiger Verkehrsmittelpunkt, und von hier aus wurde Paulus nach zweijähriger Gefangenschaft über Sidon, Cypern und Lykien nach Rom geschafft.

Mit dem Römerreiche sank auch die größere Zahl der damaligen Hafenbauten in Trümmer.

Zu den wenigen antiken Hafenorten, die auch im Mittelalter noch eine hervorragende Rolle spielten, gehörten Rhodus und Marseille. Die Rhodier haben durch ihr geschicktes politisches Verhalten und ihr häufig von Erfolg gekröntes Eintreten für die Erleichterung und Förderung des Handels jahrhundertelang im Altertum eine außerordentlich einflußreiche Stellung eingenommen. Rhodus' Hafenanlagen waren zur Zeit, als es ein festes Bollwerk des Johanniterordens bildete, in der Anordnung wohl die gleichen wie im Altertum, und die Grundlagen bestanden ohne Zweifel aus hellenischen Werken. Wie die Abb. 507 zeigt, waren vier Häfen vorhanden, der Bootshafen, der Handelshafen, der Kriegshafen und der äußere Hafen. Auf drei der Molenköpfe befanden sich Bastionen mit mächtigen Türmen. Dieselben trugen die Bezeichnung St. Johann, St. Michael und St. Nikolaus. Noch ist in dem Turme St. Michael die Maschine erhalten, mit deren Hilfe die eiserne Sperrkette über den Hafeneingang gezogen wurde. Wenn auch an der Existenz des Kolosses von Rhodus, das Wunderwerk des Chares, nicht gezweifelt werden darf, so ist dagegen die Erzählung, daß dieser Koloß über der Hafeneinfahrt mit gespreizten Beinen stand, und die Schiffe mit ihren Masten unter demselben hindurchfahren konnten, in das Reich der Fabeln zu verweisen.



507. Lageplan der Hafenanlagen von Rhodus.

Die weit in das Altertum zurückgehende Geschichte Marseilles rechtfertigt ein kurzes Verweilen bei derselben, da ihre Wiedergabe gestattet, gleichsam im Fluge die Wandlungen zu verfolgen, welche der Welthandel hinsichtlich der von ihm eingeschlagenen Wege durchgemacht hat. Von der See her gegründet, wußten sich die Massalioten frühzeitig ein ausgedehntes Hinterland für ihren Handel und ihre Schiffahrt zu sichern. Die in der Nähe befindliche Rhônemündung öffnete ihnen einen weit nach Norden sich erstreckenden bequemen Handelsweg, für dessen Offenhaltung in der Römerzeit durch einen künstlichen Durchstich Sorge getragen wurde. Es ist nicht ersichtlich, aus welchen Gründen die Massalioten den von Cajus Marius hergestellten Kanal (101 v. Chr.), die Fossa Mariana, welcher ihnen für geleistete Dienste in dem Feldzuge in Gallien zum Geschenk gemacht und an dessen Mündung von ihnen ein neues Emporium angelegt worden war, allmählich vernachlässigten, so daß der künstliche Wasserlauf im Laufe der Zeit vollständig verschlammte. Zwar blieb der Niedergang des Römerreiches auch für Massilia nicht ohne Einfluß, aber bereits zur Zeit der Merowinger vermochte die Stadt schon wieder sich eine angesehene Position zu erringen. Im Jahre 1112 konstituierte sich Marseille als Republik. Die Kreuzzüge brachten der Stadt außerordentliche Vorteile. Neben den Schiffen der Venezianer, Genuesen und Pisaner waren es die Fahrzeuge von Amalfi und Marseille, welche die Massentransporte nach dem Heiligen Lande beschafften. Von Marseille bis

zur syrischen Küste rechnete man eine Fahrtdauer von 85 Tagen. Auch in den nächsten Jahrhunderten hielt die Blüte Marseilles an, bis mit dem sinkenden Levantehandel auch in diesem Emporium ein unvermeidlicher Niedergang eintrat. Mit der Eroberung Algiers im ersten Drittel unseres Jahrhunderts beginnt nach einem wechselvollen Geschick die stark aufwärts strebende neue Epoche, welche durch die Wiedererschließung des Mittelmeeres für den Weltverkehr durch den Kanal von Suez der alten Handelsstadt eine ganz unvorhergesehene Bedeutung verliehen hat.

Einer größeren Anzahl der mittelalterlichen Seehäfen und so auch dem damals bereits bedeutendsten deutschen Seehandelsplatz Hamburg kam der Umstand außerordentlich zu gute, daß sie von Wasserläufen durchzogen waren. An diesen Wasserstraßen, in Hamburg Flete genannt, wurden die Speicher erbaut. Diese Kanäle verliehen vielen Städten ein außerordentlich malerisches Aussehen, das sich zum Teil bis in die Jetztzeit erhalten hat.

Mit dem gegen Ende des 18. Jahrhunderts eingetretenen Umschwung auf dem Gebiete des Verkehrs und des Handels wurde erklärlicherweise auch eine den veränderten Verhältnissen entsprechende Ausgestaltung der Seehäfen nötig. Diese Notwendigkeit machte sich in besonders starkem Maße zuerst in England gebieterisch geltend. Für die frühere geringfügige Flotte, deren größte Schiffe nur einen Fassungsraum von 80 Tonnen besaßen, waren lange Zeit Hafenanlagen und alle jene Vorrichtungen, wie wir sie in den modernen Anlagen dieser Art zu erblicken gewohnt sind, nicht erforderlich gewesen. Viele Orte und so auch London, Bristol, Hull, Chester, Boston u. s. w. besaßen in ihrer Flußlage die genügenden Hafenanlagen. Das Gleiche galt für die damaligen deutschen Seehafenstädte, in erster Linie für Hamburg.

Die Schiffe waren aber auf ihren Liegeplätzen auf der Themse in hohem Grade der Gefahr des Zusammenstoßes ausgesetzt; dazu kam, daß auf dem Flusse eine förmlich organisierte Räuberei bestand, deren jährlicher Ertrag sehr hoch geschätzt wird. Dieser Umstand trug mit dazu bei, daß in den Jahren 1800—1802 von dem Ingenieur William Jessop das erste Dock (das westindische) erbaut wurde. Gleichzeitig mit diesem Werke war von Rennie der Bau des London-Docks in Angriff genommen worden. Bei diesem Bau kamen zum erstenmal in ausgedehntem Maße Dampfmaschinen zum Betreiben der Baumaschinen, wie Rammen, Mörtelmühlen, Pumpen u. s. w. zur Verwendung.

Seitdem hat der Seehafenbau eine große Ausdehnung gewonnen. Wie sich bei den Flußschiffen das Bestreben nach einer beständigen Vergrößerung des Tiefganges bemerkbar macht, so gilt ein gleiches und zwar in noch erhöhterem Maße für die Seeschiffe. Die Voraussetzung dieses wachsenden Tiefganges ist die Zunahme der Wassertiefe in dem Zugange zu den Häfen und in deren Teilen selbst.

Wir haben bereits in dem Abschnitte über die Flußkorrektionen die Mittel kennen gelernt, die für die Stromvertiefung zur Anwendung kommen, und wollen nunmehr einen Blick auf die Kunst des Seehafenbaues werfen.

Die Anlagen für die Seeschiffahrt gehören zu den größten und wichtigsten Aufgaben des Wasserbaues. Die offene See selbst, die Trägerin des Welthandels und Vermittlerin des Verkehrs von Weltteil zu Weltteil ist jeder Einwirkung der Menschenhand unzugänglich. Damit das Schiff durch den endlosen, bald spiegelglatten, bald durch Stürme tief aufgewühlten Ozean gefahrlos seine Straße zieht, ist es vom Schiffsbaumeister aus starken Eichenplanken oder aus dünnen Stahlplatten fest zusammengefügt und mit Segeln oder Dampfmaschine, oder mit beiden ausgestattet, um mit dem Wind oder auch gegen den Wind sein fernes Ziel zu erreichen. Nähert es sich diesem Ziel, so weisen ihm Leuchttürme, Baken und Tonnen den sicheren Weg zum Hafen; zwischen weit nach der Reede hinaus gebauten Molen, gleich ausgestreckten Armen, gewinnt es die Einfahrt zum Hafen und sucht sich an den Hafenmauern eine Liegestelle zu kurzer Ruhe. Kräne in allen Formen, von Dampf-, Wasser- und elektrischer Kraft bewegt, und sonstige Aufzugs- und Löscheinrichtungen befreien das Schiff von seiner Last, so daß es sich erleichtert hebt, um aber alsbald, mit neuer Fracht aus den langgestreckten Speichern am Ufer oder aus den endlosen Bahnzügen beschwert, wieder in die weite See

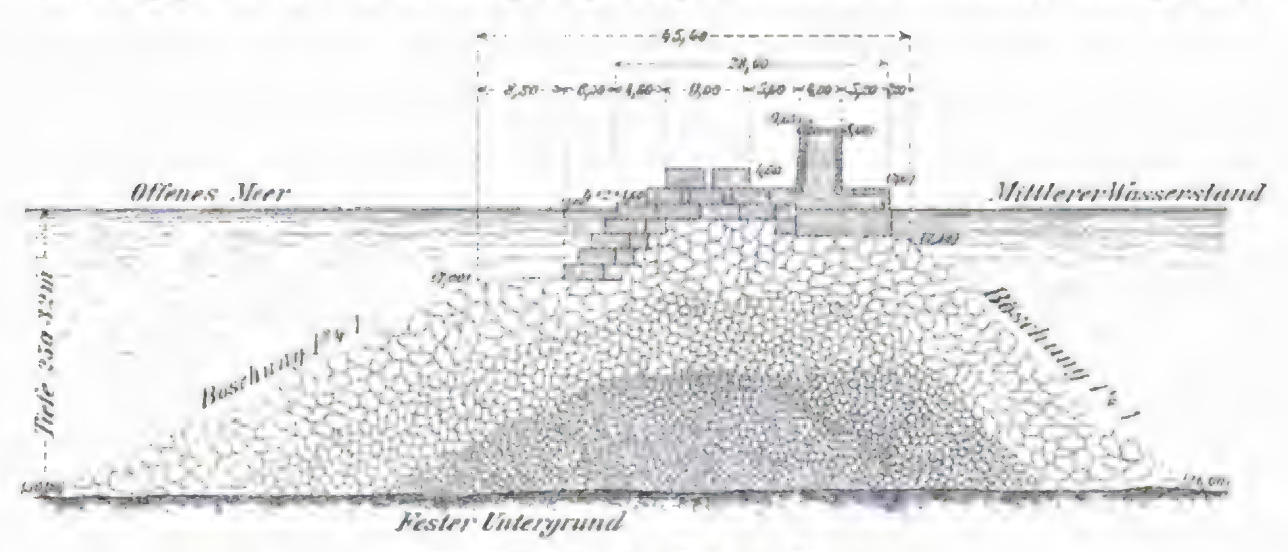
hinauszufahren. Hat das Schiff beim Durchfurchen des trügerischen Elementes Schaden genommen, weil es vielleicht im Eismeer zu hart mit den Schollen oder auf dem belebten Fahrwasser in der Nähe des Hafens zu nahe mit einem ihm begegnenden Schiff zusammengeraten ist, oder haben Wind und Wellen seiner Ausrüstung zu schlimm mitgespielt, so trifft es im Hafen Anstalten, wo es in Pflege genommen wird und seine Schäden geheilt werden. Alle diese Einrichtungen müssen von dem Wasserbaumeister erst geschaffen werden, während das Hafenbecken mit genügend großer und tiefer Wasserfläche manchmal von der Natur selbst hergestellt ist. Ein solcher natürlicher Hafen ist z. B. die Kieler Bucht, die, mit bequemer Einfahrt tief ins Land einschneidend, Hunderten von Schiffen einen sicheren Ankergrund und Schutz gegen Sturm und Seegang bietet und im inneren Hafen für die Handelsschiffahrt und für die Kriegsmarine genügend Raum zur ungestörten Entfaltung gewährt. Im Gegensatz zu den natürlichen Häfen sind künstliche Häfen solche, deren Wasserbecken ganz oder teilweise durch Ausgrabung und Ausbaggerung oder durch Umschließung vorhandener Wasserflächen mit Molen hergestellt sind. Zu diesen künstlichen Häfen zählt der Kriegshafen in der Nordsee, Wilhelmshaven, dessen Wasserbecken, Ufer, Schleusen und Molen erst durch Menschenkunst und Menschenfleiß geschaffen wurden. Auch der Hamburger Hafen war bis zum Jahre 1866 ein natürlicher Hafen, da bis dahin die Schiffe in natürlichen Buchten und seitlichen Armen der Elbe ihre Liegeplätze fanden; durch Herstellung künstlicher Wasserbecken nunmehr zum größten Hafen des europäischen Festlandes erhoben, müssen wir ihn jetzt zu den künstlichen Häfen rechnen.

Der Zweck aller Häfen, von den Kriegs- und Zufluchtshäfen abgesehen, ist, den Schiffen einen Ort zu schaffen, an dem sie vor Stürmen geschützt liegen, ihre Ladung löschen und neue Fracht einnehmen können. Die größeren Handelshäfen sind je nach den Warengattungen und Schiffsarten in besondere Wasserbecken geteilt, wie Holzhafen, Petroleumhafen, Segelschiffhafen, Oberländerhafen (d. h. Häfen für die auf den Wasserstraßen des Binnenlandes verkehrenden Schiffe) u. s. w. Fischereihäfen dienen ausschließlich den Fischerfahrzeugen, damit diese ihren Fang ans Land bringen und vor Sturm geschützt sich mit dem nötigen Bedarf versehen können. Kohlenhäfen dienen zur Verfrachtung der in der Nähe gewonnenen Kohlen für die Ausfuhr; zum Anlaufen in der Winterszeit und zum Schutze vor Stürmen an gefährlichen Küsten dienen die Winter- und Schutzhäfen. Diese letztgenannten Arten von Häfen finden sich auch mit großen Handelshäfen vereinigt, z. B. in Bremen. Daß mit dem Hafen auch Anstalten zur Ausbesserung von Schiffen verbunden sind, ist schon oben gesagt, und selbstverständlich können auch die Werften für den Neubau von Schiffen keinen geeigneteren Platz finden als in der Nähe der Häfen.

Die größte Verschiedenheit der Seehäfen besteht in ihrer Einfahrt. In dieser Beziehung ist zwischen offenen Häfen und geschlossenen, sogenannten Dockhäfen zu unterscheiden. Offene Häfen sind solche, die wie die Häfen von Kiel, Hamburg, Cuxhaven, Bremen mit der See in offener Verbindung stehen und auch jederzeit den von der See kommenden Schiffen zugänglich sind. Sind jedoch an einem Hafenplatze die Schwankungen der Wasserstände infolge von Ebbe und Flut sehr groß, so müßten die Ufereinfassungen sehr hoch werden, damit die Schiffe auch bei hohem Wasserstande gelöscht und beladen werden können; diese Schwankungen der Wasserstände haben aber für das Löschen und Beladen viele Übelstände im Gefolge, und diese, sowie die großen Kosten für die hohen Ufermauern fallen weg, wenn der Hafen durch eine Schleuse gegen die See abgesperrt wird, so daß im Hafen ein fast gleichbleibender Wasserstand gehalten werden kann. Natürlich ist dann im geschlossenen Hafen das Ein- und Auslaufen der Schiffe mit Zeitverlust verbunden, weil dieselben durchgeschleust werden müssen.

Die wichtigste Anforderung an einen Hafen ist, daß er eine sichere, jederzeit zugängliche Ein- und Ausfahrt besitzt. Wo diese fehlt, muß vor dem Hafen ein sicherer Ankerplatz, eine Reede vorhanden sein, wo die Schiffe, ohne der gefährlichen Brandung ausgesetzt zu sein, den richtigen Zeitpunkt für das Ein- und Auslaufen, günstigen Wind, den Eintritt der Flut oder die Ankunft des Schleppdampfers erwarten können. An den an einem Flusse gelegenen Seehäfen, wie Hamburg, Bremen, London tritt an die Stelle

der Reede der Fluß selbst, der in der Regel auf seinem sandigen Untergrund den Anker leicht und sicher eingreifen läßt; noch besser als Sand, der vom Wellenschlag gelockert werden kann, ist Thongrund. An den an der offenen See gelegenen Häfen, namentlich an den Dockhäfen, deren Schleusen bei Sturm nicht befahren werden können, muß, wenn nicht die Natur durch eine Bucht die beste Reede geschaffen hat, durch den Bau von kostspieligen Wellenbrechern erst eine solche geschaffen werden. Diese Wellenbrecher können unter günstigen Verhältnissen massiv aus Steinen gemauert werden oder müssen durch Steinschüttungen oder durch Versenken künstlicher Blöcke von Beton oder Mauerwerk hergestellt werden. In Dublin wurden solche künstliche Blöcke bis zu 350 t Gewicht versenkt; in der Regel sind dieselben nur 10—20 cbm groß und werden von Prähmen aus verstürzt oder mit schwimmenden Kränen versenkt. Die Wellenbrecher erstrecken sich meist unter einem Winkel vom Ufer aus nach der See, wie in Ymuiden an der Mündung des Amsterdamer Seekanales, oder sie laufen nach der Richtung des Seeganges und der Küstenströmung mit dem Ufer parallel, wie in Marseille. Sie erhalten mindestens die Höhe des höchsten Wasserstandes, um die auf der Reede liegenden Schiffe gegen den Sturm und Seegang zu schützen; sollen die Wellenbrecher aber zugleich



508. Querschnitt der Mole von Neapel.

zum Anlegen und Löschen der Schiffe dienen, wie in Dover, oder bei Sturm begehbar sein, um den Schiffen bei der Einfahrt Hilfe leisten zu können, so erhalten sie auf der Seeseite eine noch 2—3 m höhere steinerne Brustwehr zum Schutze gegen überschlagende Wellen. Auf den verbreiterten Enden tragen die Wellenbrecher meist kleine Leuchttürme. Der größte Wellenbrecher ist der in einer Wassertiefe von über 30 m errichtete, 1400 m lange Molo San Vincenzo in Neapel, welcher den dortigen Kriegs- und Handelshafen gegen die heftigsten Südweststürme schützt. Derselbe ist an der Sohle 134 m und an der Krone noch fast 30 m breit; die Kosten betrugen für das Meter Länge 12 600 Mark.

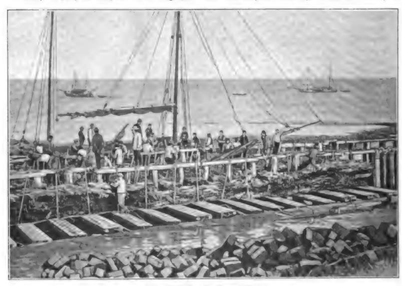
An die Einfahrt der Reede, die des bequemen Einlaufens halber am weitesten seewärts liegen muß, schließt sich eine Erweiterung an, damit die einströmenden Wellen ihre Höhe und Kraft verlieren und die Schiffe genügend Raum zum Wenden haben.

Die sich auf der Reede befindenden Schiffe, die an einem Anker festgelegt werden, müssen so viel Abstand voneinander haben, daß sie sich mit Wind und Strom um diesen Anker drehen (schwoien) können, ohne miteinander zusammenzustoßen. Der Halbmesser der von den Schiffen beim Schwoien beschriebenen Kreise ist viel größer als die Schiffslänge, weil der Anker weit vor dem Schiffe liegen muß, damit die Kette keinen senkrechten Zug auf ihn ausübt, sondern in sanftem Bogen durchhängt, wodurch eine gewisse Elastizität gegen die Stöße der Wellen vorhanden ist.

Von der Reede gelangt das Schiff in den Vorhafen, der aber beim Vorhandensein einer Reede auch fehlen kann, weil er nur dazu dient, die einlaufenden Schiffe aufzunehmen, bis sie ihre Liegeplätze in den Hafenbecken einnehmen können, und es den aus-

laufenden Schiffen zu ermöglichen, durch Setzen der Segel oder mit Hilfe eines Schleppdampfers das offene Meer mit der nötigen Geschwindigkeit zu gewinnen.

Die künstlichen, meist trichterförmig gestalteten Vorhäfen werden durch Herstellung von vorspringenden Molen gewonnen. Offene Häfen, wie Hamburg, Bremen u. a., besitzen in der Regel keine eigentlichen Vorhäfen, sondern der vordere Teil dient als Vorhafen, ohne von den einzelnen Hafenbecken besonders abgegrenzt zu sein. Vom Vorhafen gelangen wir in den eigentlichen Hafen, der aber, wie schon oben erwähnt, meist nicht aus einer einheitlichen Wasserfläche, sondern aus einer Reihe miteinander zusammenhängender Hafenbecken besteht. Ist der Hafen ein geschlossener Hafen, wie in Bremerhaven und Wilhelmshaven, so müssen die Schiffe, um vom Vorhafen in die einzelnen Hafenbecken zu gelangen, die Schleuse passieren, die an den Hafenbecken den wechselnden Außenwasserstand abhält



509. Molenbau in Brunsbüttel.

und in ihnen den Wasserspiegel auf einer stets gleichen Höhe erhält. Derartige Schleusen besitzen nur ein Thorpaar, durch das in den Hafenbecken ein Wasserstand von etwas unter gewöhnlicher Hochwasserhöhe gehalten wird, und die den Schiffen nur Ein- und Ausfahrt gewähren, wenn der Außenwasserstand ebenso hoch steht wie der Wasserstand in den Hafenbecken. Sollen die Hafenbecken den größten Schiffen zugänglich sein, so muß eine solche Schleuse ganz gewaltige Abmessungen erhalten. In Bremerhaven waren bis vor kurzem der Kaiserhafen und der sogenannte Neue Hafen nur durch 17 und 21 m weite Dockschleusen zugänglich. Um den Verkehr der größten Schiffe, wie sie der Norddeutsche Lloyd im vergangenen Jahrzehnt hat bauen lassen, Bremerhaven zu erhalten, hat der Staat Bremen in den letzten Jahren den erst Mitte der 70er Jahre mit einem Aufwande von $7\frac{1}{2}$ Millionen Mark gebauten, aber längst zu klein gewordenen Kaiserhafen erweitert und denselben mit dem Vorhafen an der Weser durch eine Kammerschleuse von 220 m Länge, 28 m Thorweite mit 45 m breiter Kammer verbunden. Diese Schleuse ist nicht nur größer als die Schleusen an der Mündung des Kaiser Wilhelms-Kanals, sondern überhaupt das größte Bauwerk dieser Art auf der Welt. Die größten Schiffe können jetzt jederzeit in den Hafen ein- und aus dem Hafen auslaufen. Damit den Personendampfern das Befahren der Schleuse und der damit notwendig verbundene Zeitverlust

Digitized by Google

erspart bleibt, ist außerhalb des Vorhafens, an der Weser eine hochwasserfreie Landestelle geschaffen worden, an welcher die Personendampfer anlegen. Die vom Lloyd zwischen Bremen und Bremerhaven eingestellten Sonderzüge fahren bis zu dieser Landestelle und bringen so ihre Fahrgäste unmittelbar von der Bahn zum Schiffe und umgekehrt. Auf diese Hafenerweiterungen hat der Bremer Staat $18\frac{1}{2}$ Mill. Mark verwendet, wovon das Deutsche Reich $2\frac{1}{2}$ Millionen für im Interesse der Kriegsmarine ausgeführte Anlagen beisteuerte.

Die in den Hafenbecken erforderliche Wassertiefe hängt von dem Tiefgange der Schiffe und in den offenen Häfen von den Schwankungen des Wasserstandes ab. Zwischen Schiffskiel und Hafensohle muß noch genügend Spielraum sein, damit die Schiffe auch bei Wellenschlag den Grund nicht berühren; auf Reeden und in Einfahrten, wo Wellenschlag stattfindet, muß dieser Spielraum ungefähr gleich der Wellenhöhe sein, bei ruhigem Wasser

510. Der neue Hafen in Bremerhaven.

und unveränderlicher Sohle genügen 30 cm; selbstverständlich muß dieser Spielraum beim niedrigsten im Hafen eintretenden Wasserstand noch vorhanden sein. Der Tiefgang der Seeschiffe beträgt 2,75 bis etwa 8 m. Die Hafenbecken von Hamburg haben Wassertiefen von 5,6 bis 9 m; der Hafen in Bremen ist für Schiffe von 5 m Tiefgang und für einen Spielraum von 0,3 m angelegt worden. Die oben erwähnte Erweiterung des Kaiserhafens in Bremerhaven hat mit Rücksicht auf die daselbst verkehrenden größten Dampfer des Norddeutschen Lloyd die bedeutende Wassertiefe von 10,5 m erhalten; die Tiefe der Einfahrtsschleuse ist so bemessen, daß noch 9,5 m tiefgehende Schiffe bei schwachen Tiden in den Hafen gelangen können.

Die Lage der Hafenbecken zu einander ist, weil von der Örtlichkeit abhängig und hauptsächlich weil die einzelnen Hafenbecken in der Regel erst mit wachsendem Verkehre nach und nach entstehen, meist unregelmäßig. In offenen Häfen stehen die einzelnen Hafenbecken in offener Verbindung miteinander; in geschlossenen Häfen sind sie durch Schleusen miteinander verbunden. Durch diese Schleusen ist die Möglichkeit geboten, im Falle notwendiger Ausbesserungen den Wasserstand in einem Hafenbecken zu senken, ohne

Digitized by Google

daß die anderen davon berührt werden. Die Einfahrten der Hafenbecken, die für den Verkehr mit feuergefährlichen Stoffen, wie Petroleum, bestimmt sind, werden gegen die übrige Wasserfläche durch eiserne Pontons, die noch mit einem Panzer von feuerfesten Steinen bewehrt sind, abgeschlossen, um zu verhindern, daß etwa brennendes, auf dem Wasser schwimmendes Petroleum in die anderen Hafenbecken gelangen kann.

Wenn die einzelnen Hafenbecken, wie in England üblich, im Besitz und in der Verwaltung von verschiedenen Gesellschaften stehen, fehlt meist die Schleusenverbindung, so daß ein Schiff, um von einem Dock in das andere zu gelangen, den Weg durch den Vorhafen und über die Reede nehmen muß. Die Verbindungskanäle und Schleusen zwischen den einzelnen Hafenbecken müssen natürlich überbrückt sein, um den Verkehr von Ufer zu Ufer zu ermöglichen, und zwar sind hierzu meist bewegliche Brücken notwendig, weil die nötige Durchfahrtshöhe für die Schiffe in der Regel nicht vorhanden ist. Für diese beweglichen Brücken sind alle möglichen Anordnungen ersonnen: Drehbrücken, die seitlich ausgeschwenkt werden (Abb. 421 u. 422), Klappbrücken, die in die Höhe geklappt (Abb. 425 u. 426), Rollbrücken, die auf das Ufer zurückgerollt, Hubbrücken, die in ihrer wagerechten Lage senkrecht in die Höhe gehoben werden (Abb. 423 u. 424), u. a. Die Bewegung dieser Brücken geschieht im Interesse möglichster Zeitersparnis jetzt meistens durch Druckwasser, wie z. B. in Hamburg, dessen Hafenanlagen mehrfache Beispiele solcher aufs zweckmäßigste angeordneter beweglicher Brücken bietet.

Um die Wasserfläche und die Uferlänge am zweckmäßigsten ausnutzen zu können, gibt man den Hafenbecken, soweit es möglich ist, meist regelmäßige rechteckige Form; da die Form und die Ausdehnung der Hafenbecken durch die Örtlichkeit sehr beeinflußt ist, so kommen auch andere, unregelmäßige Formen vor. Ist die zur Verfügung stehende Uferlänge nur kurz, so können durch Anlage von zungenförmigen Molen, die sich vom Ufer winkelrecht in das Wasser erstrecken, sehr viel längere nutzbare Uferstrecken geschaffen werden.

In gut eingerichteten Häfen sollen die Schiffe sämtlich in ihrer ganzen Länge parallel zum Ufer anlegen können. Daraus ergibt sich für die erforderliche Breite der Hafenbecken, daß dieselbe für die zwei zu beiden Seiten an den Ufern liegenden Schiffe und außerdem noch für zwei zwischen diesen sich begegnende Schiffe genügend Raum bieten muß. Für die größten Schiffe wäre eine Breite von über 210 m erforderlich, eine Breite, die beinahe genügt, daß ein solches Schiff zwischen den freien Ufern des Hafenbeckens beim Vorhandensein der nötigen Hilfsvorrichtungen wenden kann. Der Segelschiffhafen in Hamburg hat eine Breite von 255 m erhalten, so daß außer den an den Ufermauern liegenden Dampfern in der Mitte noch zwei Reihen Segelschiffe Platz finden, um an Flußschiffe und Schuten ihre Ladung abgeben zu können.

Damit die Schiffe in den Hafenbecken durch die an den Ufern aufgestellten Kräne bequem entladen werden können, müssen sie mit dem Ufer parallel und möglichst nahe an demselben liegen, und dazu müssen die Ufer mit nahezu senkrechten Mauern eingefaßt werden. Diese Ufereinfassungen stellen bei großer Wassertiefe und bei ungünstigem Baugrund dem Hafenbaumeister oft recht schwierige Aufgaben und erfordern große Summen, zumal bei den nicht selten sehr großen Uferlängen, die mit Mauern einzufassen sind. Zur Verminderung der Kosten werden deshalb an weniger wichtigen Uferstrecken hölzerne Ufereinfassungen an Stelle massiver Mauern angelegt, wie an dem Petroleumhafen in Hamburg, oder über den Erdböschungen auf hölzernen oder eisernen Pfählen ruhende Ladebühnen, wie in Bremen, errichtet. Die massiven Ufermauern haben aber den Vorteil, daß sie viel weniger Unterhaltungskosten fordern.

Die massiven Ufermauern werden meistens auf Pfahlrost oder auf Pfähle und Beton gesetzt; in Antwerpen wurden die 10,6 m unter das Niedrigwasser der Schelde reichenden Ufermauern mittels des Druckluftverfahrens gegründet; das Meter Mauer kam auf 8000 Mark zu stehen.*) Auf der Wasserseite müssen die Mauern mit dem besten Steinmaterial verkleidet werden; durch Verwendung von Beton im Inneren der Mauern sucht man die Kosten möglichst herabzumindern (s. Abb. 465 bis 469 in dem Abschnitt „Flußhäfen").

*) Diese Fundierungsmethode zeigt die Abbildung des Leuchtturmes an der Wesermündung (Abb. 542 u. 543).

In den neuen Hafenanlagen Bremens ist in der Ufermauer ein begehbarer, mit Gleis versehener mannshoher Gang angelegt zur Unterbringung der Leitungen für Druckwasser und für Elektrizität. Zum Schutze der Schiffe sowohl wie der Mauern selbst gegen Beschädigungen beim Anlegen werden an der Wasserseite kräftige Rundhölzer, sogenannte Prellpfähle oder Reibhölzer, in senkrechter Richtung befestigt, welche die unmittelbare Berührung zwischen Schiff und Mauer verhindern und etwaige zu starke Stöße durch ihre Elastizität mildern sollen.

Um die Schiffe während des Liegens an der Mauer festlegen zu können, werden an den Mauern in verschiedener Höhe starke Schiffsringe eingelassen, und oben auf dem Ufer in einiger Entfernung vom Mauerrand werden Haltepfähle, Poller genannt, in neuerer Zeit meist aus Gußeisen, aufgestellt, an welchen die Schiffe durch Taue oder Ketten festgemacht werden. Um gegen den Zug der Schiffe genügend Widerstand leisten zu können, müssen diese Poller in einen starken Mauerklotz eingesetzt werden. Ähnlich den Pollern sind die Gangspills oder Capstans, das sind stehende Winden, welche an einzelnen Stellen, namentlich auch an den Hafeneinfahrten, aufgestellt werden, um die schweren Schiffe heranzuholen. Um diese stehenden Winden wird ein Tau des Schiffes herumgeschlungen und durch Drehen der Winde durch Menschenkraft, Dampf oder Druckwasser oder durch Elektrizität das Schiff herangeholt.

Da wo die Schiffe nicht an festen Ufern, an Ringen oder Pollern festgemacht werden können, müssen dieselben entweder ankern wie auf der Reede oder an schwimmenden eisernen Tonnen, sogenannten Ankerbojen, oder an sogenannten Duc'dalben*) befestigt werden. Die Ankerbojen sind große eiserne Tonnen, die wie die Bojen zur Bezeichnung des Fahrwassers durch Anker, schwere Steine oder durch eiserne Schrauben im Grund festgehalten werden. Die Duc'dalben oder Dalben sind Bündel von eingerammten, fest miteinander verbundenen Pfählen von Holz oder Eisen, an denen die Schiffe so festgelegt werden, daß sie ihre Lage nicht ändern können; gegenüber den Bojen, um welche die Schiffe schwoien, bieten die Dalben daher den Vorteil, daß die Schiffe unmittelbar nebeneinander festgelegt werden können, so daß auf dem Raume, den ein an einer Boje festgelegtes Schiff zum Schwoien beansprucht, mindestens zwanzig gleich große Schiffe untergebracht werden können. Je nach der Größe der Schiffe bestehen diese Pfahlbündel aus drei bis dreizehn Pfählen, welche um einen mittleren höheren Pfahl, den Königspfahl, gruppiert und fest miteinander verbunden sind, um neben großer Elastizität auch kräftigen Widerstand gegen den Zug und die Stöße der Schiffe leisten zu können. In dem schon erwähnten Hamburger Segelschiffhafen (Abb. 511 resp. 526) sind zwei Reihen je dreizehnpfähliger Duc'dalben angeordnet, an denen die in der Mitte des Hafens liegenden, in Leichter, Oberländerkähne u. s. w. verladenden Segelschiffe festgelegt werden.

Die Leistungsfähigkeit eines Hafens hängt nicht allein von der Größe der vorhandenen Wasserfläche und der Länge des zum Anlegen benutzbaren Ufers ab, sondern beruht wesentlich auch auf der zweckmäßigen Ausstattung des Hafens mit Gleisen, Schuppen und Speichern und namentlich mit Kränen zum raschen Ent- und Beladen der Fahrzeuge. Während früher die Speicher unmittelbar an die Ufermauern gesetzt wurden, hat man es an den neuen Hafenanlagen in Bremen und Hamburg vorgezogen, die Speicher vom Ufer abzurücken, weil nur ein kleiner Teil der Waren vom Schiff unmittelbar in die

*) Die Bezeichnung Duc'dalbe hat mit dem Herzog von Alba nichts zu schaffen, sondern leitet sich her von Diedallen, die heißt Deich und dallen Pfähle, also Deichpfähle, Pfähle, die am Deich stehen.

511. Querschnitt durch den Segelschiffhafen zu Hamburg.

Speicher geht, und hat dagegen am Ufer an der Landseite geschlossene, an der Wasserseite offene Kaischuppen errichtet, in denen die Ladungen erst ausgelesen, nachgesehen, gewogen und verzollt werden können, ehe sie weiter befördert werden. Entlang den Schuppen, an der Wasserseite wie an der Landseite, liegen Geleise, um die unmittelbar von der Bahn auf das Schiff oder umgekehrt übergehenden Waren bequem an- und abfahren zu können. In früheren Zeiten, als der Güterverkehr in der Hauptsache durch Segelschiffe vermittelt wurde, fiel bei der langen Dauer der Fahrt eine etwas längere Liegezeit im Hafen nicht schwer ins Gewicht. Das Löschen der Ladung wurde durch Überladen in Leichter oder durch Lastträger bewirkt. Seitdem die Zahl der Dampfer mit ihrem großen Tonnengehalt und dem entsprechend großen Kapitalwert immer mehr wächst, ist es notwendig geworden, um dieselben möglichst auszunutzen, ihre Liegezeit soweit wie möglich zu verringern, sie also in kürzester Frist zu ent- und zu beladen, und dazu

512. **Kaischuppen und Speicherblocks am Sandthorkai in Hamburg.**

müssen leistungsfähige Kräne vorhanden sein. Zum Heben besonders schwerer Lasten, wie Kanonenrohre, Lokomotiven u. dergl., dienen feststehende Kräne, die billiger sind als gleichstarke bewegliche Kräne; solche feststehende Kräne werden in kleinen Häfen noch von Hand betrieben. Zur Bewältigung eines großen Verkehrs müssen die Kräne fahrbar sein, so daß die Schiffe an jeder Stelle des Ufers entladen werden können, und die Kräne müssen durch Dampf, Druckwasser oder durch den elektrischen Strom betrieben werden. Die durch Dampf betriebenen Kräne werden entweder jeder mit einer eigenen Dampfmaschine versehen und betrieben, oder es wird jedem Krane der Dampf von einer Zentralstelle aus, ebenso wie den hydraulisch betriebenen Kränen das Druckwasser oder den elektrischen Kränen der elektrische Strom, zugeführt. Eine Druckwasseranlage besteht darin, daß Wasser durch eine durch Dampf getriebene Druckpumpe auf einen hohen Druck, bis zu 50 Atmosphären, gebracht und durch Rohrleitungen den Arbeitsmaschinen zugeführt wird. Nach Öffnen eines Schiebers oder eines Hahnes an der betreffenden Arbeitsmaschine wirkt das Druckwasser in gleicher Weise wie der gespannte Dampf des Dampfkessels auf den Kolben der betreffenden Arbeitsmaschine und setzt ihn in Bewegung. Ist

Digitized by Google

der Verbrauch von Druckwasser kleiner als die Leistung der Druckpumpe, so wird der sogenannte Akkumulator, das ist ein sehr schweres Gewicht, durch das Druckwasser in die Höhe gehoben und damit Kraft aufgespeichert, die jederzeit zur Leistung von Arbeit zur Verfügung steht. Der Antrieb der Kräne durch Druckwasser wurde zuerst in England ausgeführt und von dort in den deutschen Häfen Bremen, Hamburg, Lübeck neben den Dampfkränen eingeführt. Die Vorzüge des Druckwasserbetriebes sind große Sicherheit und Genauigkeit, einfache Konstruktion und einfache Bedienung, auch kann das Druckwasser zu Feuerlöschzwecken verwendet werden. Dagegen sind besondere Vorkehrungen gegen Einfrieren des Druckwassers zu treffen, entweder durch frostfreie Lage der Hauptdruckrohre im Boden, durch Vermischung des Wassers mit Glycerin oder durch Erwärmen desselben mittels Dampf. Der elektrische Betrieb der Löschladeeinrichtungen wurde durch deutsche Firmen ins Leben gerufen und ausgebildet und hat den Vorteil, daß sich durch ihn weit größere Gebiete versorgen lassen, daß die Verteilung von Kraft dem Verbrauch leicht angepaßt werden kann, daß die Leitungen wenig Aufwand erfordern und leicht nach entlegenen Stellen geführt werden können und gegen Frost, Feuchtigkeit und andere atmosphärische Einflüsse, wenn gut verlegt, nahezu unempfindlich sind. Die elektrische Kraftübertragung findet daher in den Häfen immer mehr Eingang, nachdem in Hamburg Ende des Jahres 1892 die ersten zwei elektrischen Kräne in Betrieb genommen sind, zumal da für die Beleuchtung der Häfen meistens auch der elektrische Strom verwendet wird.

513. Großer Kran am Kranhöft in Hamburg.

Der größte Kran der Welt ist derzeit in Hamburg; es ist der am Kranhöft neben dem Segelschiffhafen aufgestellte Dampfdrehkran mit einer Tragkraft von 150 t, das ist gleich der Ladung von 15 Güterwagen. Gebaut wurde derselbe von der Firma Ludwig Stuckenholz in Wetter a. d. Ruhr. Bewegliche Kräne für besonders große Lasten werden nicht auf Geleise fahrbar gemacht, sondern auf dem Wasser. Sie werden auf eisernen Fahrzeugen aufgebaut, die zu ihrer Fortbewegung mit Schiffsschrauben versehen sind, oder beim Mangel von solchen durch Schleppdampfer an die Verwendungsstelle gebracht werden müssen. Solche Schwimmkräne werden für Lasten von 40—120 t gebaut und finden namentlich auch zum Einsetzen der Kessel und Maschinen in den Schiffskörper, sowie zum Versenken der Betonblöcke beim Bau von Molen vielfach Anwendung. Im Hafen von Bremen befindet sich ein Schwimmkran von 40 t Tragkraft, der durch zwei unabhängig von einander, durch je eine besondere Dampfmaschine betriebene Schiffs-

Digitized by Google

schrauben selbstthätig sich fortbewegt. Damit der Kran zugleich zu Feuerlöschzwecken verwendet werden kann, ist er noch mit einer kräftigen Duplexpumpe ausgestattet.

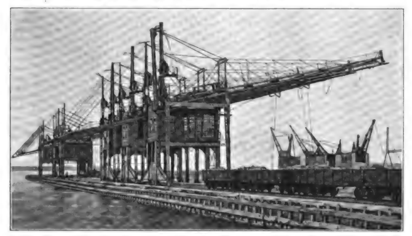
Da die Schiffe in Zwischenhäfen, deren Ausstattung mit Kränen noch zu wünschen übrig läßt, auf ihre eigenen Lösch- und Ladevorrichtungen angewiesen sind, werden die großen transatlantischen Dampfer mit einer größeren Anzahl Kräne versehen, mit denen das Löschen und Laden auf offener Reede ebenso rasch vor sich geht, wie an dem Kai eines gut ausgerüsteten Hafens. So trägt der Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II." vom Norddeutschen Lloyd 4 hydraulische Kräne von 2500 kg und 2 von 1200 kg Tragfähigkeit an Bord, für welche das Druckwasser von circa 90 Atmosphären Druck durch eine eigene Betriebsmaschine von 100 Pferdekräften erzeugt wird. Es ist dies die erste derartige hydraulische Anlage, die von einer deutschen Firma, Haniel und Lueg in Düsseldorf, hergestellt ist. Zum Verbringen der Güter in die Speicher werden statt der Kräne meist Winden oder **Aufzüge** verwendet, weil die Lasten bei der großen Höhe beim Aufwinden durch Kräne zu sehr ins Schwingen geraten. Die Aufzüge gestatten das bequeme Aufsetzen und Abnehmen der Waren und sind ebenso geeignet zur Förderung großer Einzellasten, wie zur Aufnahme vieler kleinerer Stückgüter oder von Personen. Namentlich wenn die Waren vor der Beförderung in die oberen Stockwerke der Speicher unten noch nachgesehen oder gewogen werden müssen, sind Aufzüge im Inneren der Gebäude weit bequemer und vorteilhafter als Kräne an der Außenseite.

514. Schwimmkran.

Zum Löschen von Getreide, Salz, künstlichem Dünger und ähnlichen pulverigen Massen sowie Kohlen aus den Schiffen dienen die bereits bei Beschreibung der Flußhäfen erwähnten **Elevatoren**.

Eine großartige Ausbildung haben die Vorrichtungen zum Verladen von **Kohlen** aus den Eisenbahnwagen in die Schiffe in England erfahren, wo im Osten aus den Häfen am Tyne und an der Westküste in den Häfen von Cardiff, Swansea und in den Barry-Docks an der Mündung des Severn eine riesige Ausfuhr von Kohlen stattfindet. Das Festland besitzt erst wenige solcher Anlagen, weil die Kohlenausfuhr nur unbedeutend ist. Im neuen Hafen von Bremen ist Ende der 80er Jahre ein Kohlensturzkran (Abb. 517) aufgestellt worden, um solche Schiffe mit Steinkohlen zu beladen, die sonst ohne Fracht oder mit Ballast in See gegangen wären. Die Eisenbahnwagen werden einzeln auf eine versenkte Bühne aufgefahren, der Kran hebt die Bühne mit dem Wagen hoch, dreht dieselbe über die Schiffsbrücke und bringt sie in eine solche geneigte Lage, daß der Wagen seinen Inhalt durch die geöffnete Seitenwand über Kopf entleert. Die Gebühr für die Benützung des Kohlensturzkranes beträgt 1 Pf. für den Zentner. Die Beladung der Dampfschiffe mit den Bunkerkohlen für den eigenen Bedarf erfolgt dort von Lagerplätzen aus mit Kübeln, oder vom Bahnwagen aus mit den gewöhnlichen Kränen. Die Kohlensturzvorrichtungen müssen eine möglichst rasche und billige Beladung der Schiffe ermöglichen; aber neben der

großen Leistungsfähigkeit ist ein Haupterfordernis möglichste Schonung der Kohle beim Abstürzen, weil die Gefahr der Selbstentzündung der Kohle um so größer wird, je mehr diese beim Verladen zerkleinert wird. Die Art der Kohlensturzvorrichtungen hängt wesentlich von der Höhenlage des Bahngleises zu den zu beladenden Schiffen ab; liegt das Gleis hoch, so kommt das Schüttrinnensystem zur Anwendung; dabei fallen die Kohlen aus dem Wagen in eine geneigte Schüttrinne und werden unmittelbar in die Schiffsluken abgestürzt. In Newcastle sind zwischen 40 und 50 solcher Schüttgerüste vorhanden, von denen täglich bis zu 2000 Eisenbahnwagen verladen werden. Liegen die Gleise zu niedrig, um die Wagen unmittelbar in die Schiffe entleeren zu können, so müssen die Wagen durch hydraulische Aufzüge mit Plattformen oder durch Kräne erst hochgehoben werden, um sie in die Schiffe auskippen zu können. Solche Kohlenkippen und Kräne befinden sich in Cardiff und in den Barry-Docks nach den neuesten Anordnungen; ein Schiff von 2000 t Gehalt, das mit Ballast in Cardiff einläuft, kann innerhalb 24 Stunden seinen Ballast löschen und mit Kohlen beladen wieder auslaufen.



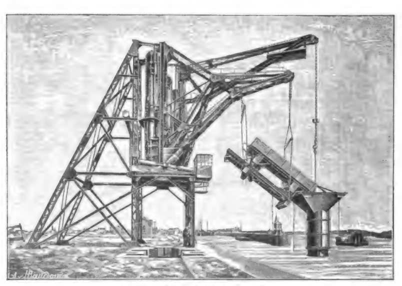
515. Verladevorrichtung in Erie Pa.

In Hamburg, wo der Verbrauch englischer Kohle sehr bedeutend ist, erfolgte das Löschen der englischen Kohlendampfer früher ohne Anwendung von Maschinenkraft durch die sogenannten „Kohlenjumper" durch Überladen in Schuten, und zwar mit solcher Schnelligkeit, daß ein Schiff von 1800 t Ladung 16 Stunden nach seiner Ankunft die Rückreise nach dem Kohlenhafen wieder antreten konnte. In neuerer Zeit finden fast ausnahmslos Dampfwinden Verwendung.

Anlandevorrichtungen. Landebrücken sind nur in denjenigen Häfen erforderlich, in denen Personendampfer regelmäßig verkehren; für die im Klettern geübten Mannschaften der Handelsschiffe genügen, um ans Land zu gehen, senkrechte eiserne Leitern, die in Vertiefungen der Ufermauern angebracht sind. Für das Anlegen von Booten legt man Treppen in den Ufermauern parallel zum Ufer an, am besten in den Ecken der Hafenbecken, in denen die großen Schiffe nicht anlegen können. Für das Anlegen von Personendampfern müssen entweder große Treppenanlagen hergestellt werden, wie die großartige Anlage am Hafendamm von Dover, die für den Wasserwechsel von 5—6 m mit 5 in verschiedener Höhenlage befindlichen Plattformen von 3 m Breite ausgestattet ist, oder die Landungsanlagen müssen aus Brücken bestehen, die mit dem einen Ende auf der Ufermauer drehbar aufgelagert sind, während das andere Brückenende auf einem Ponton ruht und sich mit diesem beim Wechsel des Wasserstandes hebt und senkt. Entweder ist

Digitized by Google

516. Kohlenverladevorrichtung.



517. Kohlenschüttkran im Freihafen zu Bremen,
ausgeführt von C. Hoppe, Berlin.

Digitized by Google

nur ein solcher Ponton vorhanden, der als Unterstützung für die eigentliche Landebrücke dient, oder es sind mehrere miteinander zu einem schwimmenden Kai verbunden und an der Oberfläche oder bei geeigneter Höhe im Inneren mit bedeckten Warteräumen ausgestattet.

Die Landungsanlage St. Pauli in Hamburg besteht aus 8 miteinander gekuppelten Pontons, die eine 200 m lange Plattform bilden, von welcher 3 Brücken nach dem Ufer führen. Noch großartiger sind die Landebrücken der beiden Schwesterstädte am Mersey, von Liverpool und Birkenhead. Die Landestelle in Liverpool, die an Stelle einer im Jahre 1847 errichteten, im Jahre 1874 durch Feuer zerstörten Anlage getreten ist, besteht aus einer von eisernen Pontons getragenen 600 m langen, 25 m breiten Plattform, die durch 5 Brücken für Fuhrwerksverkehr mit dem Ufer verbunden ist. Sie ist die größte

518. Pier bei Madras.

Anlage ihrer Art und zu jeder Jahreszeit der Lieblingsspaziergang der Bevölkerung. Die Baukosten dieser Landestelle haben etwa 4,5 Mill. Mark betragen.

Wo die zu geringe Wassertiefe den Schiffen nicht gestattet, bis an das Ufer heranzukommen, müssen Landebrücken in Form von festen Stegen vom Ufer in das Wasser hinausgebaut werden. Bei sandigem Meeresgrund eignen sich zur Unterstützung dieser Stege am besten Joche aus eisernen Pfählen, die in den Meeresgrund eingeschraubt werden. Diese eisernen Pfähle bieten bei ihrer geringen Dicke den Wellen wenig Angriffsfläche und geben so keine Veranlassung zur Aufwühlung des Grundes. In Helgoland, wo die Fahrgäste seither von dem auf der Reede ankernden Dampfer in Boote umsteigen mußten, um ans Land zu gelangen, wird jetzt ein solcher eiserner Landesteg 300 m weit in das tiefe Fahrwasser hinausgebaut, damit die Dampfer an demselben anlegen und ihre Fahrgäste absetzen können.

Trockendocks. In jedem größeren Hafen müssen, wie schon in der Einleitung erwähnt, Einrichtungen vorhanden sein, um auf der Fahrt beschädigte Schiffe untersuchen und ausbessern zu können. Die mit der Ausbesserung von Schiffen sich befassenden

Digitized by Google

Werke betreiben gewöhnlich gleichzeitig den Bau von neuen Schiffen, da die zur Ausbesserung dienenden Anlagen auch zum Neubau geeignet sind. Da die Anlagen für den Neubau im Abschnitt über Schiffbau geschildert werden, so können wir uns hier auf die Anstalten zur Ausbesserung beschränken.

Um kleinere Schiffe reinigen, frisch kalfatern und teeren zu können, läßt man diese bei Flut auf den Strand auflaufen, wo sie bei zurückgehendem Wasser aufsitzen und dann gegen den Boden abgesteift werden. Man nennt dies das Banken der Schiffe. Mit Wiedereintritt der Flut wird das Schiff wieder flott. Die Arbeiten müssen also in wenig Stunden beendigt sein.

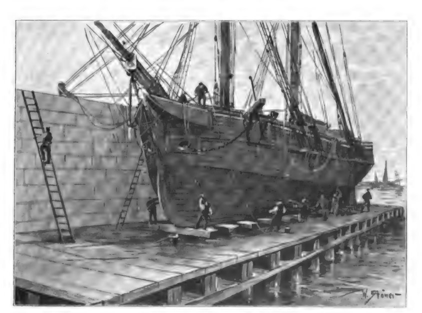
Für länger dauernde Arbeiten wird, wo kein Trockendock vorhanden ist, das Kielholen des Schiffes vorgenommen. An entsprechend zugerichteten Stellen am Ufer, den sogenannten Kielholplätzen, wird das Schiff durch Taue, die an dem oberen Ende der Untermasten befestigt sind, mittels Winden so weit auf die Seite gelegt, daß der Kiel über Wasser tritt und die eine Hälfte des Schiffes zur Untersuchung und Ausbesserung vollständig zugänglich ist. Die Arbeiten müssen möglichst beschleunigt werden, weil der Schiffskörper in der seitlichen Lage nachteilige Spannungen auszuhalten hat, die bei längerer Dauer sein Gefüge lockern könnten; kann die Arbeit an einem Tage nicht beendigt werden, so wird das Schiff über Nacht wieder in seine schwimmende Lage gebracht. Das Kielholen findet zur Zeit nur noch für kleinere Segelschiffe Anwendung, weil der Schiffskörper durch dieses Verfahren leicht Not leidet. Auch die früher üblich gewesenen Dockbänke, die bei Ebbezeit vollständig trocken liefen, sind mehr und mehr außer Gebrauch gekommen.

Zur gründlichen, längere Zeit dauernden Ausbesserung muß ein Schiff ganz außer Wasser gebracht werden, und dazu dienen die Trockendocks. Ein solches Trockendock ist ein vom Hafen ins Land einspringendes längliches Becken, das auf 3 Seiten von festen Wänden eingefaßt ist, an der einen Schmalseite durch das sogenannte Dockhaupt mit dem Wasser in Verbindung steht und durch eine Verschlußvorrichtung wie eine Schleusenkammer dicht abgeschlossen werden kann. Ältere Docks haben hölzerne Sohle und hölzerne Wände, die neueren Docks sind massiv aus Stein und Beton gebaut. Das erste Trockendock in England ist, wie sich aus den Archiven ergibt, in Portsmouth in den Jahren 1495—96 auf Befehl des Königs Heinrich VII. gebaut worden. Das Dock war aus Holz und sein Eingang durch zwei Pfeilerreihen, deren Zwischenraum durch Stein und Kies ausgefüllt war, geschlossen. Jedesmal, wenn ein Schiff in das Dock oder aus demselben herausgebracht werden mußte, wurde der Eingang in der vorerwähnten Weise geschlossen oder wieder freigemacht, was natürlich eine lange Arbeitszeit erforderte.

Soll jetzt ein Schiff trocken gelegt, gedockt werden, so wird dasselbe mit Hilfe von den auf dem Dockhaupt und auf den Seitenmauern aufgestellten Gangspills in die Dockkammer verholt, diese wird hinter dem Schiff durch Thore oder ein Ponton abgeschlossen, und das Wasser alsdann durch kräftige Kreiselpumpen in der Dockkammer gesenkt. Findet in dem betreffenden Hafen Ebbe und Flut statt, so bleibt der Wasserspiegel in der Dockkammer so lange mit dem Außenwasser in Verbindung, bis der tiefste Stand der Ebbe eingetreten ist, damit möglichst wenig Wasser durch die Pumpen gehoben werden muß. Mit dem Sinken des Wasserstandes senkt sich das Schiff, bis es mit dem Kiel auf den in der Mitte der Sohle errichteten Böcken, den Kielstapeln, aufsitzt. Gegen Umfallen wird das Schiff mit dem Sinken des Wassers rechtzeitig durch Stützen gegen die Dockwände gesichert. Um diese Stützen bequem für die verschiedenen Schiffsformen anbringen zu können, sind die Dockwände abgetreppt. Die Länge der Dockkammer richtet sich nach den größten Schiffen, die gedockt werden sollen.

Vielfach sind mehrere Docks von verschiedenen Größen nebeneinander angelegt, um für kleinere Schiffe an Kosten für die Trockenlegung und für die Unterhaltung des Docks zu sparen. Die Breite eines Docks wird so bemessen, daß zwischen Schiff und Dockwand genügend Raum zum Arbeiten bleibt und Luft und Licht reichlich Zutritt haben. Die Verschlußvorrichtung eines Docks besteht entweder aus Thoren wie bei Schleusen, oder in

519. Kielholen eines Schiffes.



520. Dockbank zur Ebbezeit.

Digitized by Google

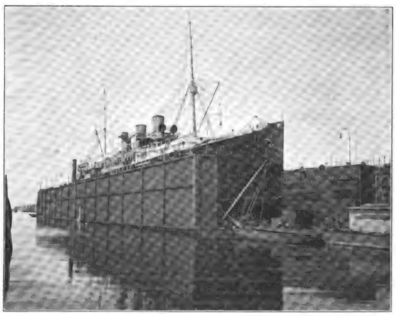
einem Ponton, und zwar kommen Schwimmpontons oder Schiebepontons zur Anwendung. Ein Schwimmponton ist ein eisernes schiffsartiges Fahrzeug, das so gestaltet ist, daß es in die am Dockhaupt befindlichen Falze mit seinem Vorder- und Hintersteven genau paßt. Zum Verschließen des Docks wird es in die Falze eingefahren, und dann wird in das Ponton Wasser eingelassen, es senkt sich auf die Sohle und legt sich beim Leerpumpen des Docks an einen Anschlag an der Sohle und in den beiden senkrechten Falzen dicht an. Vor dem Ausfahren wird das in das Ponton eingelassene Wasser wieder ausgepumpt, so daß das Ponton wieder schwimmt. Das Deck des Pontons bildet zugleich einen bequemen Übergang von einer Seite des Docks zur anderen. Weite Dockeinfahrten werden in neuerer Zeit durch Schiebepontons abgeschlossen, die in der Anschaffung zwar teurer, im Betrieb jedoch billiger sind als Schwimmpontons und noch den weiteren Vorteil bieten, daß sie bei jedem Wasserstand und auch bei Wind mit Leichtigkeit bewegt werden können, während Schwimmpontons nur bei Hochwasser aus- und eingefahren werden können und bei starker Strömung oder Wind Gefahr laufen, an den Dockmauern beschädigt zu werden. Die Schiebepontons bestehen aus 2 kräftigen gegeneinander versteiften eisernen Wänden, die einen wasserdichten eisernen Kasten einschließen und durch den Auftrieb so entlastet sind, daß sie leicht auf Rollen, oder auch ohne solche vor dem Dockhaupt hin- und herbewegt werden können. Damit ein Schiff nach beendigter Ausbesserung das Dock wieder verlassen kann, wird das Außenwasser durch Kanäle in den Seitenwänden des Docks eingelassen. In Bremerhaven ist ein Trockendock erbaut, welches Schiffe bis zu 20 000 Registertons aufnehmen kann.

Schwimmdocks. Die Baukosten der Trockendocks sind sehr hoch, namentlich verschlingt die Gründung bei ungünstigen Bodenverhältnissen sehr viel Geld. Diese Gründungskosten werden bei den sogenannten Schwimmdocks ganz erspart. Ein Schwimmdock hat die Form eines großen an den Schmalseiten offenen Troges mit hohlem Boden und eben solchen dicken Wandungen, welche mit Wasser gefüllt und durch Pumpen wieder entleert werden können. Soll ein Schiff im Schwimmdock gedockt werden, so wird dieses durch Einlassen von Wasser so tief gesenkt, daß das Schiff mit genügendem Spielraume über der Sohle des Docks in dieses einfahren kann. Jetzt werden die Pumpen in Betrieb gesetzt, um das Wasser aus Boden und Seitenwänden wieder zu entfernen, und langsam hebt sich das Dock, das Schiff setzt sich mit seinem Kiel wie im Trockendock auf den Kielstapeln auf und wird wieder gegen die stufenförmigen Seitenwände abgesteift. Das Dock hebt sich weiter mit seiner Last, bis der Dockboden über Wasser liegt. Die ersten Schwimmdocks waren ganz aus Holz gebaut; ein solches, bald ein halbes Jahrhundert altes Dock befindet sich noch auf der Klavitterschen Werft in Danzig in Betrieb. In neuerer Zeit kommen ausschließlich Stahl und Eisen zur Verwendung. Boden und Seitenwände eines eisernen Docks sind durch wasserdichte Wände in zahlreiche Zellen eingeteilt, um bei etwaigen Beschädigungen das Eindringen von Wasser auf einzelne Teile beschränken und das Dock dadurch flott halten zu können, sowie auch um beim Füllen und Leeren das Dock im Gleichgewicht zu erhalten. Die einzelnen Zellen sind daher durch Rohre und Ventile miteinander verbunden. An ihren Liegeplätzen müssen die Schwimmdocks selbstverständlich an kräftigen Dalben oder Ankerbojen mit Ketten schwersten Kalibers befestigt sein, um den Stürmen trotzen zu können.

Während bei einem Trockendock das Außerwassersetzen eines kleinen Schiffes länger dauert als bei einem großen Schiff, weil je kleiner das Schiff, desto mehr Wasser ausgepumpt werden muß, bietet das Schwimmdock den Vorteil, daß es im Betrieb der Größe des zu dockenden Schiffes angepaßt werden kann, weil es nur so weit gesenkt zu werden braucht, als der Tiefgang des Schiffes es verlangt; ein kleines Schiff kann in drei bis vier Stunden gehoben werden. Es sind aber auch Schwimmdocks gebaut worden, die sich zum Heben kleiner Fahrzeuge in einzelne Abteilungen zerlegen und zum Heben großer Schiffe miteinander zu einem großen Dock verbinden lassen. Die bekannte Schiffswerft von Blohm & Voß in Hamburg besitzt ein solches Schwimmdock mit einer Gesamtlänge von 210 m, das sich in 6 Abteilungen von je 1000 bis 1500 t Tragfähigkeit zerlegen läßt. Zum Leerpumpen dieses Docks dient eine Kreiselpumpe mit einer Leistungsfähigkeit

von 16 cbm in der Sekunde. Außer diesem zerlegbaren Schwimmdock besitzt dieselbe Firma seit 1896 ein einheitliches Schwimmdock von 17500 t Tragfähigkeit, so daß jetzt auch die größten Seeschiffe von 8 m Tiefgang, welche früher, wenn sie genötigt waren, ein Dock aufzusuchen, nach England gehen mußten, in Hamburg ins Dock gehen können. Dieses Dock hat eine Bodenstärke von 4 m und braucht an seiner Liegestelle eine Wassertiefe von 13 m, wozu ein besonderes tief ausgebaggertes Hafenbecken angelegt werden mußte.

Nicht durch Leerpumpen, sondern durch Verdrängung des Wassers durch verdichtete Luft wird das von Clark & Standfield erfundene Dock schwimmend erhalten. Der Boden dieses Docks besteht aus acht wagerechten Röhren von 4 m Durchmesser, die durch Gitterwerk miteinander verbunden sind; die Seitenwände sind durch senkrechte Röhren gebildet,



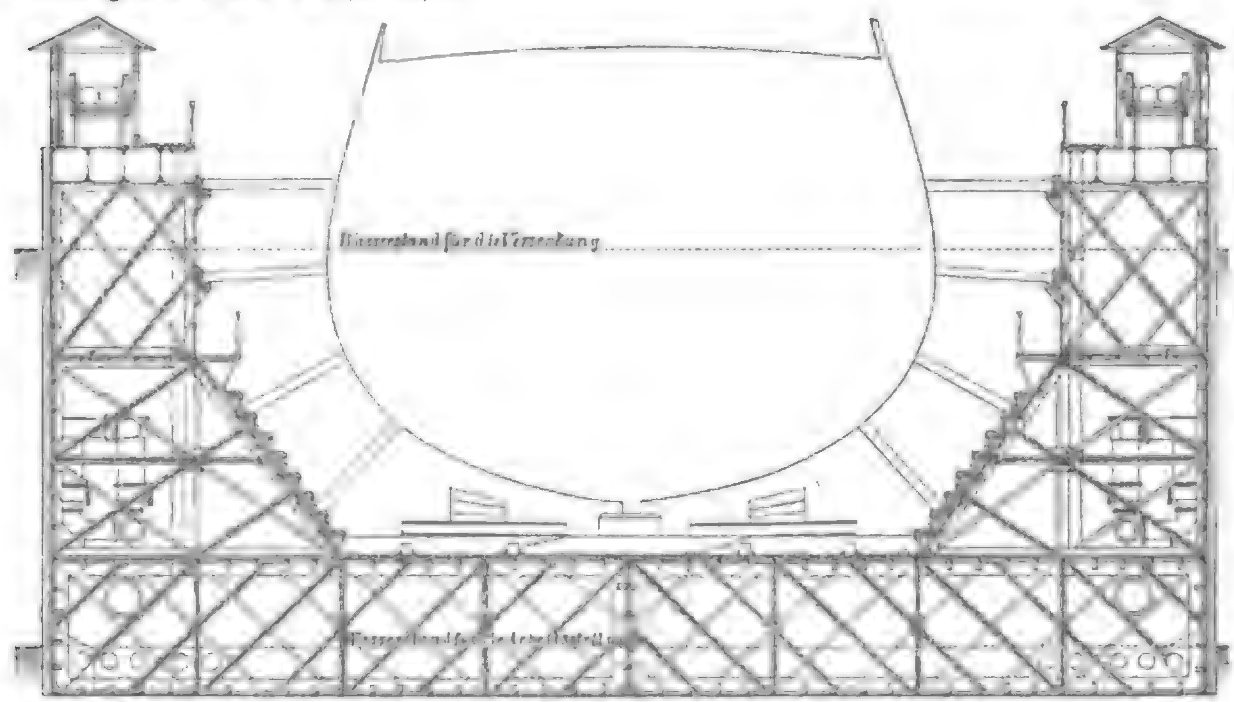
521. Schwimmdock der Werft von Blohm & Voß in Hamburg mit dem Schnelldampfer „Fürst Bismarck".
Nach einer Photographie von H. Breuer.

die eine Plattform tragen. Die Röhren sind wieder in eine große Zahl wasserdichter Abteilungen zerlegt, aus denen das Wasser durch Einpressen verdichteter Luft verdrängt wird.

Um die unter Wasser liegenden Teile eines Schwimmdocks untersuchen zu können, ist selbst wieder ein besonderes Trockendock zur Aufnahme des Schwimmdocks nötig. Das Schwimmdock im Hafen von Bremen, ein zweiteiliges Dock mit zusammen 2700 t Tragfähigkeit hat deshalb einen verzinkten Boden erhalten, damit das Dock wegen Reinigung des Bodens und Erneuerung des Anstrichs möglichst selten außer Betrieb gesetzt werden muß. Noch ist das von Clark erfundene und in den Victoriadocks zu London zuerst ausgeführte hydraulische Dock zu erwähnen. Dasselbe besteht aus einer Plattform, die von in zwei parallelen Reihen stehenden hydraulischen Preßkolben auf- und abbewegt wird, ähnlich wie ein Schiffshebewerk. Neben billigen Betriebskosten bietet dieses hydraulische Dock noch den Vorteil, daß das gedockte Schiff frei dastehend der Luft und dem Licht vollständig ausgesetzt ist.

Digitized by Google

Hellinge, Schleppen oder Slips. Größere Ausbesserungen führt man lieber auf dem Lande aus, als im Trockendock, damit dieses nicht allzulange von einem Schiff besetzt und für andere unbenutzbar ist. Man hat daher schiefe Ebenen konstruiert, auf welchen das Schiff vom Wasser aus auf das Land gezogen wird. Die einfachste Vorrichtung ist ein Helling, wie zum Stapellauf dienend. Vor Erfindung der Mortonschen Patentschleppe war zum Aufschleppen eines Schiffes eine Zugkraft gleich $^1/_6$ des Schiffsgewichtes notwendig. Bei den Patentschleppen wird das Schiff statt auf einem Schlitten auf einem niedrigen Wagen mit auf Schienen laufenden Rollen aufgeschleppt, wodurch die Reibung von $^1/_{12}$ auf $^1/_{40}$ des Schiffsgewichtes verringert ist. Die Vorwärtsbewegung des Wagens geschieht durch Wasserdruckpressen; Sperrklinken, welche in eine Zahnstange in der Mitte des Geleises einfallen, verhindern das Zurückgehen des Wagens. Statt in der Längsrichtung werden kleinere Schiffe auch in der Querrichtung aufgeschleppt. Neben den mit der Größe der Schiffe sich rasch steigernden Betriebskosten haben die Schleppen noch den Nachteil starker Abnutzung und schwieriger Unterhaltung, sowie nachteiliger Einwirkungen auf den Schiffskörper.

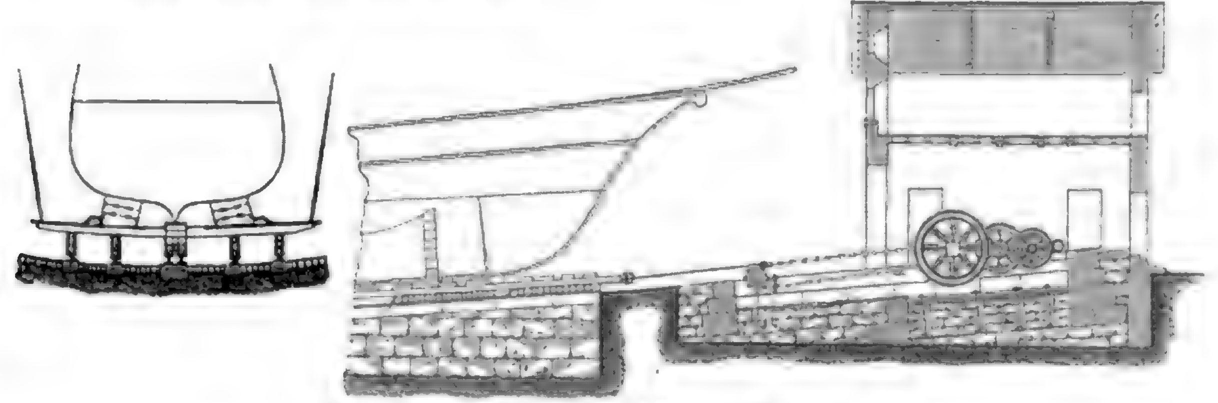


522. Eisernes Schwimmdock. Querschnitt.

Erhaltung der Tiefe der Häfen. Um einem Hafen seine Leistungsfähigkeit zu erhalten, sind die baulichen und maschinellen Einrichtungen, wie Kräne, Brücken, Docks, Schleusenthore, Gleisanlagen, Speicher, Ladestraßen u. s. w., jederzeit in bestem Stand zu erhalten. Ein Haupterfordernis ist aber die Erhaltung der Wassertiefe in den Hafenbecken, dem Vorhafen und der Hafeneinfahrt. Denn alle Hafenbecken erfahren im Laufe der Zeit eine Aufhöhung ihrer Sohle und damit eine Verminderung ihrer Wassertiefe entweder durch Verunreinigung von den Hafen durchströmenden oder in denselben sich ergießenden Wasserläufen, oder durch Sandzuführung infolge von Küstenströmungen und endlich auch durch die Abfälle von den Schiffen beim Löschen von Ballast, Kohlen u. dergl. Die Aufhöhung der Sohle kann je nach den örtlichen Verhältnissen 30 cm bis 1 m im Jahre betragen. Das beste Mittel gegen die Verflachung eines Hafens ist eine kräftige natürliche Durchströmung des Hafens durch einen Wasserlauf oder infolge einer Küstenströmung oder von Ebbe und Flut. Wo solche natürliche Strömung an sich nicht kräftig genug ist, kann ihre Wirkung durch Anlage künstlicher Leitdämme, durch welche die Strömung zusammengehalten wird, gesteigert werden. In Ermangelung natürlicher Durchströmung hat man Ablagerungen auf der Hafensohle durch künstliche Spülung zu beseitigen gesucht, indem man in geschlossenen Hafenbecken, oder in eigens zu diesem Zweck angelegten, durch Spülschleusen abgeschlossenen Spülbecken bei Flut große Wasser-

mengen aufspeichert und diese womöglich zur Zeit des tiefsten Ebbestandes, wie er namentlich zur Zeit der Springfluten eintritt, rasch ausströmen läßt; die Wirkung einer solchen Spülung ist natürlich um so kräftiger, je größer der Höhenunterschied zwischen dem im Spülbecken aufgestauten Wasserstand und dem Wasserspiegel im Hafen ist. In langen und breiten Hafenbecken ist die Wirkung der künstlichen Spülung aber immerhin verhältnismäßig gering. Das sicherste und überall anwendbare und darum auch das gebräuchlichste Mittel zur Erhaltung der Fahrwassertiefe ist die Baggerung, wie wir solche bereits kennen gelernt haben. Es gibt eine außerordentlich mannigfaltige Art von Baggern. Neben den Eimerbaggern kommen besonders die Pumpenbagger und Preßluftbagger und außerdem die Greifbagger in Betracht. Abb. 525 zeigt den Kopf eines Pumpenbaggers. Der Boden wird hierbei, falls er nicht bereits schlickig genug ist, mit Hilfe einer Rührvorrichtung aufgelockert und durch ein Saugerohr emporgehoben. m m sind pflugscharähnliche, sich drehende Körper, welche die Masse ablösen; K ist das Saugrohr, durch welches die außerordentlich kräftige Pumpe das Gemisch von Wasser und Erdmasse emporhebt, welches durch ein in V befindliches Ventil gehindert wird, beim Stillstand der Pumpe zurückzufallen.

Um das Wesen der modernen Häfen kennen zu lernen, empfiehlt es sich, einige der hervorragendsten vorzuführen, und zwar dürfte kurz auf die Hafenbauten der folgenden Städte einzugehen sein: Hamburg, Amsterdam, Odessa, Triest, Genua, Marseille, Liverpool, London, New York und Bombay.



523 u. 524. Sliphelling des Österreichischen Lloyd.
Querschnitt. Längenschnitt.

Hamburg ist die erste Seehandelsstadt nicht nur des Deutschen Reiches, sondern auch des Kontinents und ist nahe daran, sich zur zweiten Hafenstadt Europas aufzuschwingen, hat doch in den letzten Jahren sein internationaler Verkehr den von Liverpool nicht nur erreicht, sondern sogar schon überflügelt. Seine Entfernung von der See beträgt 105 km; die seit vierzig Jahren betriebenen umfangreichen Baggerungen haben es, dank den leistungsfähigen Maschinen, die der modernen Ingenieurtechnik für solche Zwecke zur Verfügung stehen, ermöglicht, daß Seeschiffe bis zu einem Tiefgang von 7,5 m die Hamburger Häfen mit voller Ladung erreichen können.

Erst im Jahre 1866 erhielt Hamburg seine erste Kaianlage, die ein direktes Löschen der Seeschiffe, in erster Linie der Dampfer, gestattete. Heute stehen Kais in einer Länge von 16 500 m und Schuppen in einer Längenausdehnung von über 7000 m, an welchen Kräne, die durch Dampf oder Elektrizität betrieben werden, aufgestellt sind, zur Verfügung, und schon ist man wiederum im Begriff, die Hafenanlagen ganz bedeutend zu vergrößern. Diese rasche Ausdehnung ist als der deutlichste Beweis für die Zunahme des Verkehrs in den Hamburger Häfen anzusehen.

Interessant ist es zu verfolgen, wie sich von Jahr zu Jahr die Zahl der angekommenen Seeschiffe vergrößert und wie gewaltig deren Größe zugenommen hat.

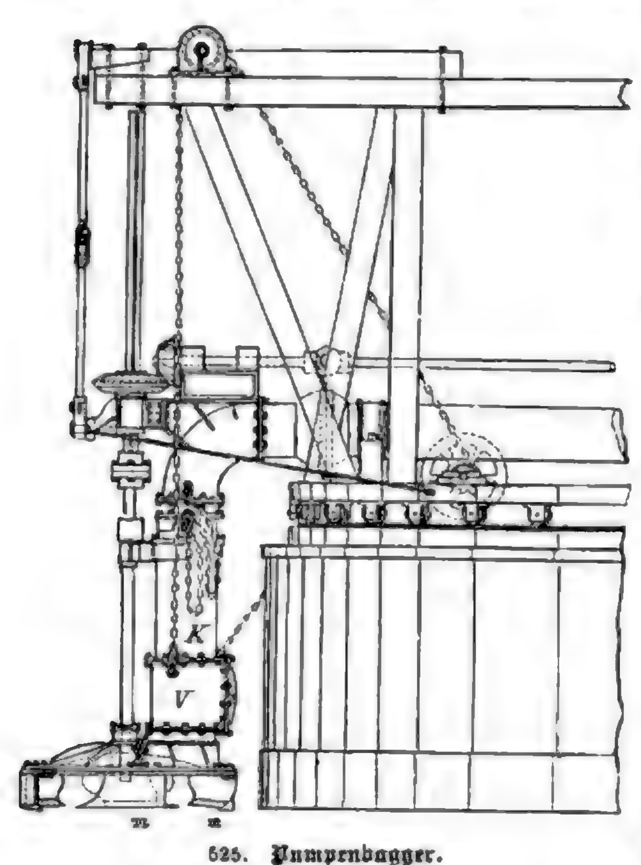
Es betrug im Jahre:

1850	die Zahl der Schiffe	3763,	ihre durchschnittliche Größe in Registertonnen	123
1860	„ „ „ „	4843	„ „ „ „ „	183
1870	„ „ „ „	4974	„ „ „ „ „	293

1880 die Zahl der Schiffe 5582, ihre durchschnittliche Größe in Registertonnen 430
1890 „ „ „ „ 7600 „ „ „ „ „ 581
1895 „ „ „ „ 8928 „ „ „ „ „ 667

Im Jahre 1896 kamen 10 477 Seeschiffe mit einer Gesamtgröße von 6 445 161 Registertonnen in Hamburg an und gingen 10 371 Schiffe mit 6 300 458 Registertonnen ab. Im Jahre 1898 betrug die Zahl der ankommenden Schiffe 12 523 und deren Raumgehalt 7 354 118 Registertonnen. Während im Jahre 1888 nur 3 Schiffe mit einem Tiefgang von über 7 m im Hamburger Hafen anlangten, betrug diese Zahl 1897 bereits 214. Hierunter befanden sich 52 Schiffe von 7,5 und 19 Schiffe von 7,8 m Tiefgang.

Wer das lebhafte, hoch interessante Treiben auf der Elbe und in den Hafenbassins nicht mit eigenen Augen gesehen hat, vermag sich nur schwer ein Bild dieser Geschäftigkeit vorzustellen, mit der sich hier die Abwickelung des Verkehrs vollzieht. Die Abb. 148 gibt ein Bild des Segelschiffhafens, d. h. eines der zahlreichen Becken, aus denen sich der gesamte Hafen zusammensetzt.



525. Pumpenbagger.

Um die Bedeutung Hamburgs im Vergleich zu den übrigen deutschen Seeschiffahrt treibenden Städten zu erkennen, sind nachstehend die in Betracht kommenden Zahlen gegeben, allerdings beziehen sich diese Zahlen auf das Jahr 1894.

Seeschiffahrtsverkehr deutscher Seehäfen im Jahre 1894

Hamburg	6 151 900 t
Stettin	1 481 000 „
Danzig, Kiel, Bremen, Lübeck, Königsberg	477 800—691 700 t
Köln	63 600 t
Duisburg	46 300 „
Düsseldorf	40 300 „

Amsterdam, das nordische Venedig, hat durch die Verbesserung der durch den Nordseekanal gebildeten Zufahrtsstraße einen bedeutenden Aufschwung genommen. Dieser Kanal erfährt gegenwärtig eine Verbreiterung und eine Vertiefung. Durch Hinzufügung einer dritten Schleuse an der Ausmündung des Kanals in das Meer ist den größten Dampfern die Möglichkeit gegeben, in den Kanal einzulaufen.

Die Zahl der in Amsterdam ankommenden Schiffe hat sich von 1666 Schiffen im Jahre 1871 auf 1940 im Jahre 1897 gehoben, dabei ist der Schiffsgehalt von 419 000 Registertonnen auf 2 174 000 Registertonnen gestiegen, erreicht jedoch noch nicht die Hälfte der für Rotterdam gültigen Zahlen.

In Verbindung mit dem Nordseekanal sind in Amsterdam umfangreiche Hafenanlagen geschaffen worden, von denen das neue Entrepotdock besonders zu erwähnen ist.

Odessa, eine Schöpfung der neueren Zeit, hat innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit einen großen Aufschwung genommen. Wo heute der schöne Boulevard von Odessa sich erstreckt, lag vor hundert Jahren eine türkische Burg, um welche sich ein tatarisches Dorf gruppierte, das sich innerhalb der kurzen Spanne Zeit in die heutige Stadt verwandelt hat. Die Hafenbassins, durch Molen voneinander getrennt, liegen am Fuße eines etwa 50 m hoch ansteigenden Plateaus und gewähren in Verbindung mit den auf dieser Anhöhe liegenden Gebäuden ein sehr schönes Panorama. Die sämtlichen Hafeneinschnitte sind durch einen 1300 m langen Wellenbrecher und durch den Quarantäne-

526. Der Segelschiffhafen zu Hamburg.

Digitized by Google

527. Der Hafen von Marseille I.

Digitized by Google

528. Der Hafen von Marseille II.

Digitized by Google

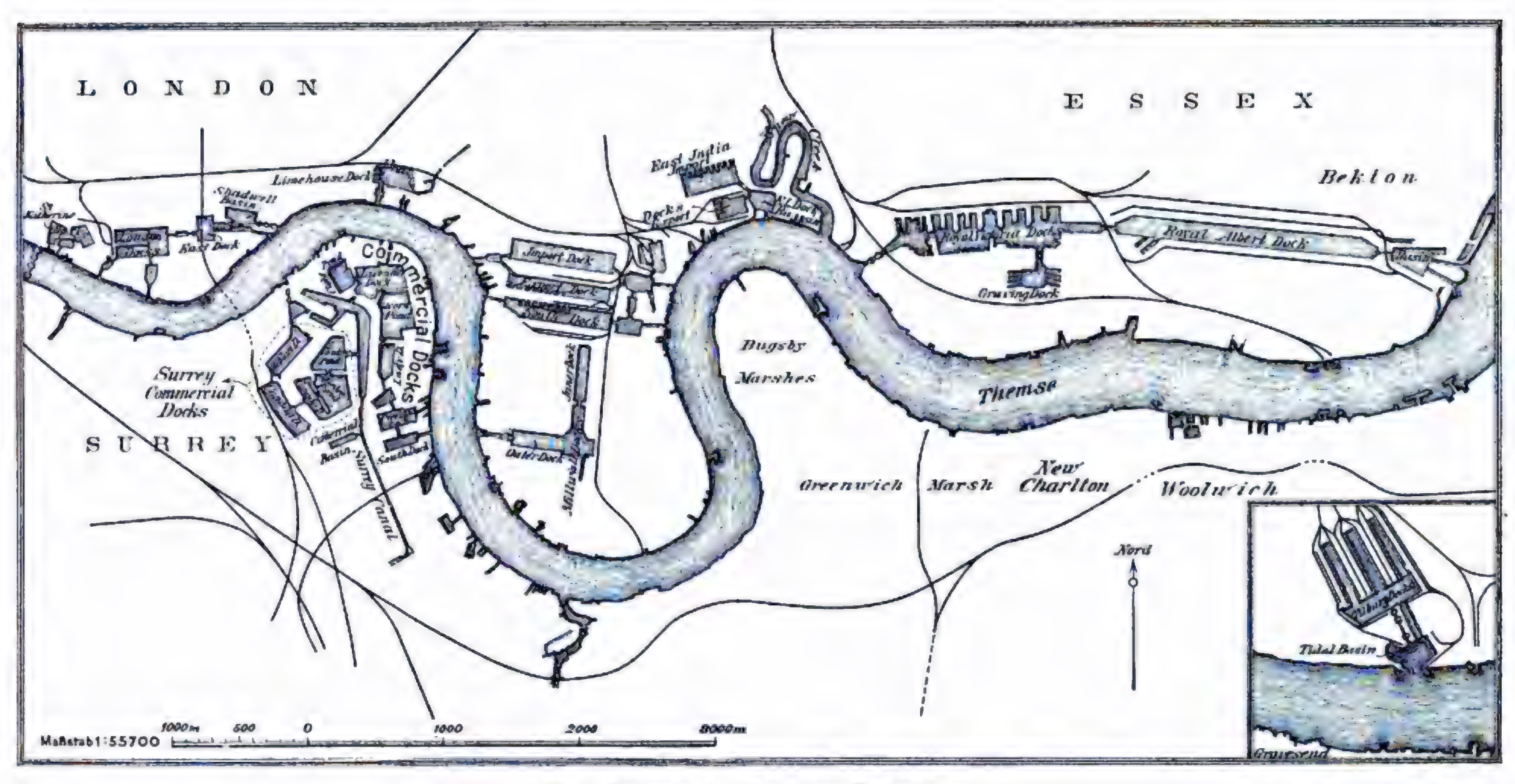
molo gegen die Wogen des Schwarzen Meeres geschützt. Hier in Odessa, dem wichtigsten Hafen Rußlands am Schwarzen Meer, ist der Stapelplatz des russischen Getreidehandels. Bereits im Jahre 1886 gingen 20 % des enormen von Rußland ausgeführten Quantums Getreide über Odessa. Die günstige Lage der Stadt, speziell für den Getreidehandel, ergibt sich aus der Nähe der bedeutendsten Getreide-Gouvernements Rußlands, nämlich: Bessarabien, Cherson, Taurien, Poltawa, Kiew und Charkow. Große Anlagen (Silos) sind hier, in ähnlicher Weise wie in den amerikanischen Häfen erbaut worden, um das Getreide aufspeichern und rasch verladen zu können.

Triest, das antike Tergeste, eine Schöpfung der Römer, kann auf eine lange Geschichte zurückblicken. Erst viele Jahrhunderte nachdem Aquileja, Ravenna und Venedig nacheinander von ihrer hohen Stellung herabgesunken waren, kam Triest und zwar im 18. Jahrhundert zur Bedeutung. Namentlich der Kaiserin Maria Theresia verdankt der Ort eine Ausgestaltung seiner Hafenanlagen, und eine der Molen führt noch jetzt den Namen der Herrscherin, unter deren Regierung sie entstand. Die modernen Hafenbauten nahmen 1867 ihren Anfang. Die stattlichen Kais wurden hier wie an anderen Seehafenplätzen mit Schuppen und Magazinen ausgestattet, die mit ihrem direkten Eisenbahnanschluß den Anforderungen der Neuzeit Rechnung tragen und ein rasches, selbst durch die Nacht nicht unterbrochenes Löschen und Laden der Schiffe gestatten. Ein höchst malerisches Bild ist es, welches das schön gelegene Triest gewährt, das zwar durch die Semmeringbahn mit dem österreichischen Hinterlande in Verbindung gesetzt worden ist, aber schwer unter der Konkurrenz anderer Hafenstädte, so namentlich auch Hamburgs, zu leiden hat, welchem Orte auf der Elbe ein nicht unwesentlicher Teil der Produkte der österreichischen Industriegebiete zugeführt werden.

Genua blickt auf eine ruhmreiche Geschichte zurück. Während der Zeit der Kreuzzüge rüstete es große Transportflotten aus, und die im Orient angeknüpften Handelsbeziehungen ließen es rasch zu Glanz und Reichtum gelangen. In der Folgezeit spielten die heftigen Kämpfe mit Venedig um die Herrschaft im Mittelmeer keine geringe Rolle. Durch die Seeschlacht bei Chioggia im Jahre 1380 wurde dieser Streit zu gunsten Venedigs entschieden, und die zahlreichen griechischen Besitzungen, auf welchen die thätigen Genuesen manche Spur ihrer Schaffenskraft zurückgelassen haben, gingen in den Besitz der glücklichen Rivalin über. Ein wechselvolles Geschick ward Genua zu teil, in dem leider die Parteikämpfe nicht wenig zur Schwächung beitrugen, bis es in unserem Jahrhundert sich wieder zu einer bedeutenden Seestadt erhob und zu dem wichtigsten Hafen des geeinigten Italien wurde. Die Eröffnung des Suezkanals und die Inbetriebnahme der Bahnen durch den Mont Cenis und den Gotthard erwiesen sich für Genua von weittragender Bedeutung und ließen neues kräftiges Leben in der alten Stadt erblühen. Die Fertigstellung des jetzt in Angriff genommenen Simplontunnels wird diesem Seehafen weitere Handelsbeziehungen zuführen.

Um den bereits in Genua konzentrierten Handel bewältigen und um sich für die Zukunft vorbereiten zu können, sind in den letzten Jahrzehnten ausgedehnte Hafenbauten hergestellt worden, deren Kosten zu einem nicht unbedeutenden Teile von dem Herzoge von Galliera bestritten wurden. Große Landungsdämme und Molen sind entstanden, welche in kunstvoller Weise pneumatisch fundiert wurden und an welchen sich, wie in anderen modernen Seehäfen, Schuppen erheben, in welche die Waren aus den Schiffen mittels hydraulisch betriebener Kräne befördert werden. Genua ist der Haupthafen für die italienischen Auswanderer, die sich vorwiegend Südamerika zuwenden.

Marseille, wahrscheinlich eine Gründung der Phönizier, ist die einzige antike Handelsmetropole, die sich bis zum heutigen Tage ihre Bedeutung bewahrt hat. Während Tyrus, Sidon, Karthago, die Häfen an dem Tiber und Seleucia Pieria in Trümmer liegen und auch Alexandria und der Piräus ihre einstige Bedeutung eingebüßt haben, hat Massilia zwar den Namen gewechselt, aber seine vorteilhafte natürliche Lage hat es gegen ein Verschwinden oder Zugrundegehen geschützt. Einen der großartigsten Kunsthäfen hat hier die moderne Technik, die an solchen Erzeug-



529. Lageplan der Londoner Dockanlagen.

Digitized by Google

nissen wahrlich nicht arm ist, entstehen lassen. Wie die beigefügten Abbildungen erkennen lassen, gewährt Marseille, die bedeutendste Handelsstadt Frankreichs, ein höchst malerisches Bild.

Die Eröffnung des Suezkanals gab besonders den Anstoß zu einer Hafenvergrößerung. Der alte Hafen, welcher so eingerichtet ist, daß die Seeschiffe stevenrecht am Kai laden und löschen, war schon lange als ungenügend empfunden worden. In dem neuen Hafenbassin sind die Kais mit Einschnitten versehen, welche große Längen für die Seeschiffe gewähren. Ein mächtiger Wellenbrecher schützt die an den Kais liegenden Schiffe gegen die starken auftretenden Winde. Schon sind wiederum, wie in unserer Zeit an allen größeren Hafenplätzen, neue Anlagen im Entstehen begriffen, und hier wie an anderen Orten vermag die Schaffung der Anlagen nicht Schritt zu halten mit dem riesig anwachsenden Schiffs- und Handelsverkehr.

Liverpool, dieser so außerordentlich bedeutende Hafenort Englands besaß am Beginn dieses Jahrhunderts einige 70 000 Einwohner. Den Hauptteil der Schiffsfracht bildeten in jener Zeit Sklaven, die nach Nord- und Südamerika geschafft wurden. Die größten Sklavenhändler der Welt waren damals Liverpooler Kaufleute, in deren Händen etwa $\frac{5}{6}$ des gesamten Handels vereinigt war. Durch die Unterdrückung des Sklavenhandels erlitt Liverpools Handel zunächst einen sehr empfindlichen Stoß. Der Entwickelung der Liverpooler Schiffahrt standen hauptsächlich zwei Umstände entgegen, die Barre an der Mündung des Mersey und die große Differenz zwischen dem Flut- und Ebbewasserstand, die bis zu 9 m beträgt. Während das erste Hindernis nur mühsam und doch nicht vollständig zu überwinden war, hat man die aus der großen Wasserstandsdifferenz sich ergebenden Unbequemlichkeiten durch die Anlegung ausgedehnter Dockanlagen beseitigt. Diese Bassins besitzen Schleusen, deren Thore geschlossen werden, wenn das Wasser zu fallen beginnt. Liverpool hat gegenwärtig die ausgedehntesten Docks der Welt, deren Verwaltung und Betrieb der Dock- und Hafenbehörde untersteht. Fast der ganze Baumwoll- und Holzhandel und der größte Teil des Kornhandels Englands liegt in den Händen Liverpooler Kaufleute. Am 1. Juli 1893 betrug die auf die Erbauung der Docks verwandte Summe 424 000 000 Mark.

Die Geschichte des größten Handelsplatzes der Welt, der Riesenstadt London, kann bis in sehr weit zurückliegende Zeiträume verfolgt werden. Die Römer fanden bereits auf jener Stelle, die London einnimmt, eine bedeutende Ansiedelung. Die Stadt blieb während der wechselvollen Geschicke, welche die britische Insel in so reichem Maße zu verzeichnen hat, stets der Hauptpunkt des Landes. Die ungeheuere Zahl von fünf Millionen Menschen drängt sich hier zusammen, und dem weitaus größten Teile derselben gewähren Schiffahrt und Handel den Lebensunterhalt.

Bis zu der London Bridge, wohl der belebtesten der Welt, die täglich von über 100 000 Menschen und fast 16 000 Fuhrwerken passiert wird, erstreckt sich der Hauptlebensnerv der Stadt, die von Seeschiffen befahrbare Themse. Von hier ab liegen stromabwärts an beiden Ufern die unzähligen Schiffe, die aus allen Teilen der Erde ungeheuere Massen von Waren aller Art herbeischaffen und umgekehrt wiederum auf ihrer Ausfahrt die mannigfaltigsten Artikel mitnehmen. Bis zum Ende des achtzehnten Jahrhunderts lagen die Schiffe ausschließlich auf dem Strome. Weiter oben ist schon der Erbauung des ersten Docks Erwähnung gethan worden. Seitdem ist eine ungeheuer große Anzahl dieser Anlagen entstanden, von denen der St. Katherines-Docks, der London-Docks, der West-India-Docks, des East-India-Docks, der Victoria-Docks, des Albert-Docks Erwähnung gethan werden mag. Die bedeutend weiter stromabwärts erbauten Docks, die Tilbury-Docks, haben sich nicht zu der gleichen Bedeutung wie die unmittelbar bei der Stadt liegenden zu entwickeln vermocht.

Einer außerordentlich günstigen Lage und dem kühnen amerikanischen Unternehmungsgeiste hat New York es zu danken, daß sich dieser Ort innerhalb einer so kleinen Spanne Zeit zu einem der mächtigsten Emporien der Welt entwickelt hat. Als die Stadt im Jahre 1664 dem Herzog von York verliehen wurde, hatte sie nur mehrere Tausend Einwohner. Heute laufen in ihrem Hafen, dessen Einfahrt bei Sandy-Hook

Atlantischer Ozean

Brooklyn · Long Island Shore · East River · Atlantic Docks · Governors Island · Castle William · Battery Park · New York Bay · Staten Island · Statue of Liberty · Hudson River · Newark Bay

530. Einfahrt in den Hafen von New York. Vogelschauansicht von der Battery nach Süden.

Digitized by Google

durch einen mächtigen Leuchtturm kenntlich gemacht ist, der aus einer die Freiheit darstellenden Figur von 46 m Höhe besteht, jährlich über 30 000 Schiffe ein. Ein gewaltiges Leben herrscht auf den Flüssen, an deren Ufern New York liegt, dem Hudson und dem East River, über welchen sich die mächtige Brücke spannt, unter der die größten Schiffe mit ihren Masten frei und stolz passieren, und dessen beide Ufer durch Hunderte Fährboote miteinander in Verbindung gebracht sind. New York ist der größte Stapel- und Handelsplatz Amerikas und der drittgrößte Hafen der Welt geworden. So großartig der Verkehr auf den beiden Strömen ist, so wenig scheint, wenn der Ankommende einen Blick auf die Ufer wirft, für die Erleichterung der Löschung der Tausende Schiffsfahrzeuge an den Ufern Fürsorge getroffen zu sein. Nicht wie an anderen Seehäfen, zeigt der Uferrand Kaianlangen mit mächtigen Kränen und hohen Warenhäusern, sondern dem Auge bieten sich nur Bretterschuppen dar, die auf Pfählen errichtet sind und einige hundert Fuß in den Strom hineinragen. Diese Piers dienen zum Anlegen, Ent- und Beladen der Schiffe. Der enorme Getreideverkehr hat dazu geführt, daß zahlreiche plumpe Holzbauten in Basilikenform von 50 und noch mehr Meter Höhe errichtet worden sind, in und aus welchen mittels Elevatoren die Getreidemengen geladen werden.

Seit Eröffnung des Suezkanals ist Bombay, an der Westküste des Dekhan der bedeutendste und für die Europäer wichtigste Hafenort Indiens geworden.

Um die Schiffe zu allen Jahreszeiten, auch während der Zeit des Südwestmonsuns gegen die Einwirkungen der See zu sichern, sind Bassins zur Erbauung gekommen. Ein Teil dieser Docks ist im Besitze der Regierung, andere, so das Sassoon-Dock und die Bassins der Peninsular- und Orient-Dampfer-Linie-Gesellschaft sind Privateigentum. Das in der Ausdehnung fortschreitende indische Eisenbahnnetz trägt naturgemäß bedeutend zu der Hebung des Handels und der Schiffahrt Bombays bei.

Die gewaltige Ausdehnung der Hafenanlagen in allen Welthäfen während der letzten Jahrzehnte gibt ein anschauliches Bild davon, in welcher enormen Weise in unserem Zeitalter des Verkehrs sich der Handel und mit ihm die Schiffahrt weiter entwickeln.

Am Schlusse der Vorführung der Wasserstraßen dürfte es angemessen sein, einige Zahlen über den Verkehr auf dem Wasser überhaupt, soweit hierbei Deutschland in Betracht kommt, zu geben.

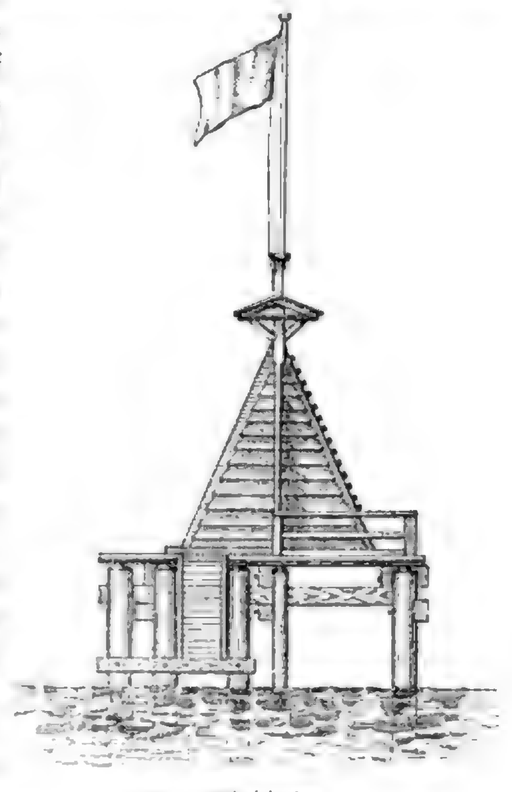
Nach dem „Statistischen Jahrbuch für das Deutsche Reich", 19. Jahrgang, beträgt die Länge der Binnenwasserstraßen rund 14 000 km. Auf denselben verkehren 23 000 Fahrzeuge mit $2\frac{3}{4}$ Millionen Tonnen Tragfähigkeit. Der Bestand der deutschen Seeschiffe betrug im Jahre 1897 = 3678. Hiervon entfielen $\frac{3}{4}$ auf die Nordsee und $\frac{1}{4}$ auf die Ostsee. Der Brutto-Raumgehalt überstieg 2 Millionen Registertonnen. Der Seeverkehr in den deutschen Häfen ist von 1892—96 von 56 263 Schiffen mit 13 Millionen Registertonnen auf 62 631 Schiffe mit $14\frac{1}{2}$ Millionen Registertonnen gestiegen. Im Jahre 1898 verkehrten in den deutschen Häfen 174 251 Schiffe mit 35,5 Mill. Registertonnen, hierunter befanden sich 90 787 Dampfschiffe mit 30,2 Mill. Registertonnen. Gegenwärtig umfaßt der Seehandel bereits 70 Prozent des ganzen Handels, und derselbe stellte sich im Jahre 1899 auf mindestens 7 Milliarden Mark. Der Gesamt-Spezialhandel, welcher 1889 in Ein- und Ausfuhr rund 45 Millionen Tonnen im Werte von 7,3 Milliarden Mark betrug, wies 1897 = 68 Millionen Tonnen im Werte von 8,6 Milliarden auf.

Digitized by Google

Digitized by Google

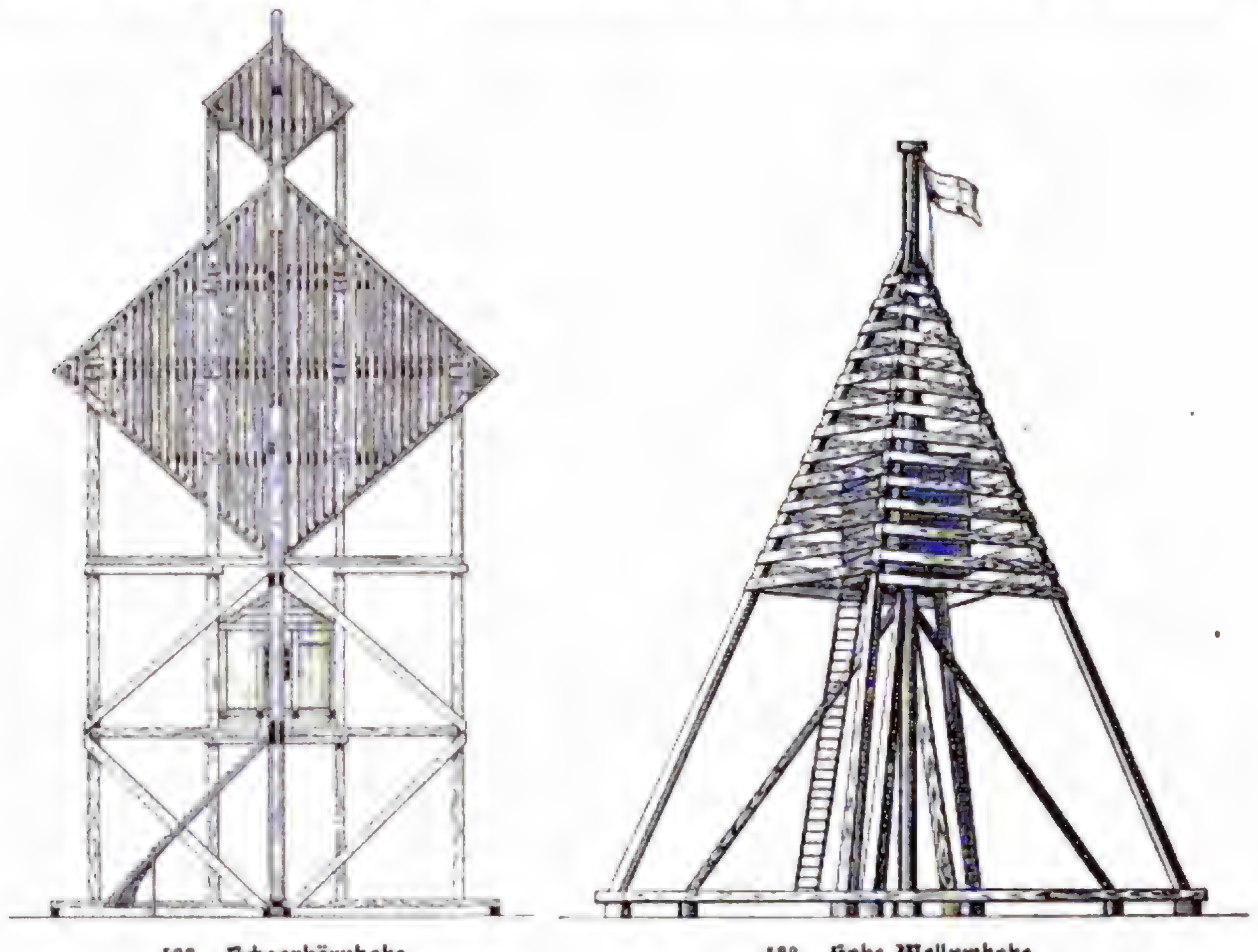
Schiffahrtszeichen.

Auf der Fahrt durch den endlos scheinenden Ozean sucht sich der Schiffer mit Kompaß und Steuer den Weg, um sein fernes Ziel zu erreichen, mit Hilfe seiner Instrumente befragt er bei Tag die Sonne und bei Nacht die Sterne, die ihm untrügliche und genaue Auskunft geben, über den Ort, an dem sein Schiff sich befindet. Nach langer Fahrt kehrt das Schiff mit den Waren ferner Länder reich beladen nach dem heimatlichen Hafen zurück; schwere Kämpfe mit Sturm und Wellen hat es durchgemacht, in denen es dank seinem festen Gefüge, dank der vortrefflich arbeitenden Maschine und dank der Kaltblütigkeit und unermüdlichen Ausdauer von Führer und Mannschaft siegreich das Feld behauptet hat. Die größten Gefahren hat es aber noch nicht hinter sich, diese drohen ihm erst jetzt bei der Annäherung an die Küste. Das Lot mit der mit Talg ausgefüllten Höhlung wird fleißig ausgeworfen, um aus den von ihm heraufgebrachten Grundproben durch Vergleich mit den Angaben in der Tiefen- und Grundkarte des Meeresbodens mit einiger Genauigkeit den Punkt festzustellen, über dem das Schiff schwimmt. Der Schiffsführer läßt die Maschine langsam gehen, der Wachthabende verdoppelt seine Aufmerksamkeit, um bei der großen Zahl der im engen Fahrwasser sich begegnenden Schiffe, deren Fahrt rechtzeitig zu erkennen und dem drohenden Zusammenstoß auszuweichen und um die in der Nähe der Küste vorhandenen Klippen und Untiefen zu vermeiden. Schon manches Schiff, das hoffte in wenigen Tagen oder Stunden in den schützenden Hafen einlaufen und dort nach langer Fahrt durch das sturmbewegte Meer ausruhen zu dürfen, hat an den Klippen und Sandbänken der Küste noch seinen Untergang gefunden.


531. Winkbake.

Zur sicheren Fortsetzung der Fahrt von der offenen See durch die Klippen, Riffe und Strömungen in die Flußmündungen und Häfen braucht der Schiffer Wegweiser, und diese sind ihm in den Segelanweisungen und in den Küstenkarten gegeben. Außer der genauen Darstellung des betreffenden Meeres und der Küste nebst Klippen, Sandbänken, schwimmenden Seezeichen u. s. w. enthalten diese Küstenkarten noch sogenannte Küstenbilder, das sind leicht gezeichnete Abbildungen aller hervorragenden Gegenstände, wie Berge, Dünen, Türme, Windmühlen, Häusergruppen, Wälder, wie diese sich dem von der See kommenden Schiffe darstellen. Ist die Küste von Natur arm an derartigen in die Augen fallenden Gegenständen, so müssen künstliche Landmarken geschaffen werden, Tagesmarken genannt, wenn sie nur bei Tag, Nachtmarken, wenn sie wie die Leuchttürme auch bei Nacht sichtbar sein sollen. Als Tagesmarken werden Baken errichtet, hohe turmähnliche Gerüste, seltener Pfeiler aus Stein, denen man zur deutlichen Sichtbarkeit und Unterscheidung große Flächen mit recht in die Augen springenden Umrißlinien und einen entsprechenden Anstrich gibt, so daß sie sich vom Hintergrund gut abheben. Von ihrer äußeren Erscheinung erhalten diese Baken ihren Namen wie z. B. Kugel-, Becher-, Jungfern-, Windmühlen-, Stundenglasbake u. s. w. Damit die großen Flächen den an der Küste wehenden Winden nicht zu großen Widerstand entgegensetzen, werden die Baken aus durchbrochenem Gerüstwerk gebildet. Die Abb. 531 bis 533 stellen einige solcher Baken dar. Kommt dem Schiffer eine oder mehrere solcher Landmarken zu Gesicht, so bestimmt er mit Kompaß und Sextant die Richtung, in der er dieselben sieht, und kann daraus den Punkt, über dem sein Schiff schwimmt, in seiner Karte bestimmen.

Nähert sich das Schiff noch mehr dem Lande, so braucht es, um sich in dem zwischen Untiefen und Sandbänken dahinströmenden, durch gesunkene Schiffe vielleicht noch mehr gefährdeten Fahrwasser zurecht zu finden, noch weiterer zuverlässiger Wegzeiger. Als solche dienen die sogenannten Bojen oder Tonnen. Es sind dies große, früher aus Holz, jetzt fast ausschließlich aus Eisen gebildete schwimmende Hohlkörper verschiedener Gestalt, die mit schweren Ketten an große auf den Grund gesenkte Steine gefesselt sind, oder durch eiserne Anker an ihrer Stelle festgehalten werden. Diese Bojen werden nach Bedarf in gewissen Abständen entlang dem Fahrwasser ausgelegt und bilden gleichsam eine zusammenhängende schwimmende Postenkette, die den Schiffern über den richtigen Weg Auskunft gibt. Trotz aller Vorsicht beim Festlegen können solche Tonnen bei Sturm und Eisgang doch mit gebrochener Ankerkette ins Treiben kommen und dadurch



532. Schaarhörnbake. 533. Hohe Mellumbake.

dem Schiffer zum trügerischen Führer werden, der ihn ins Verderben lockt. Im Anfang des Frühjahrs und nach starken Stürmen muß deshalb stets eine solche Postenkette geprüft werden, ob kein Ausreißer seinen Posten verlassen hat.

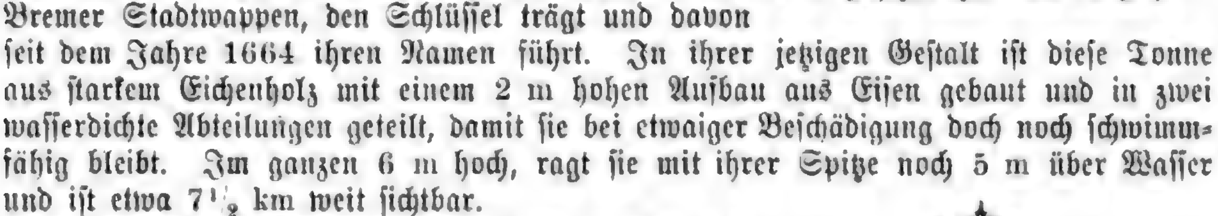
Bis jetzt hat noch jedes Land seine eigene Art für die Bezeichnung des Fahrwassers durch Bojen und Tonnen, und bis 1889 war sogar für die deutschen Küsten eine einheitliche Betonnung zu vermissen, so daß ein Schiffer, der zum erstenmal einem deutschen Hafen zusteuerte und nicht ganz genaue, die Gestalt und Bezeichnung aller Tonnen enthaltende Karten im Besitze hatte, sich an den deutschen Küsten nicht leicht zurecht finden konnte. Dem Fürsten Bismarck ist die jetzt bestehende einheitliche Betonnung der deutschen Küsten zu verdanken; im Jahre 1886 hatte er Vertreter der deutschen Küstenstaaten nach Berlin zusammenberufen zur Aufstellung von Grundsätzen für die Betonnung, und nach ihren Vorschlägen ist die Bezeichnung der Fahrwasser und der Untiefen in den deutschen Küstengewässern vom Bundesrat seit 1. April 1889 einheitlich geregelt worden. Danach ist der Eingang eines Fahrwassers durch Bakentonnen von charakteristischer Form bezeichnet, und zwar in solcher Entfernung von den nächsten Fahr-

Digitized by Google

wassertonnen, daß diese von den Bakentonnen aus gut gesehen werden können. Zur Bezeichnung des Fahrwassers werden auf der Steuerbordseite, d. h. auf derjenigen Seite, welche den aus See kommenden Schiffern an Steuerbord (d. h. rechts) liegt, Spierentonnen und auf der Backbordseite (links) spitze Tonnen verwendet. Als Mittelfahrwassertonnen werden Kugeltonnen ausgelegt. Einzelne Punkte, wie z. B. im Fahrwasser liegende Riffe, oder die Spitzen der in dasselbe vortretenden Untiefen werden durch Bakentonnen bezeichnet. Sämtliche Seezeichen auf der Steuerbordseite sind durch roten, die auf der Backbordseite durch schwarzen Anstrich kenntlich gemacht. Fahrwasserseezeichen, die von Schiffen zu beiden Seiten passiert werden können, wie die Mittelwassertonnen, erhalten einen rot und schwarz gestreiften Anstrich. Gesunkene, von Wasser bedeckte Schiffe werden durch stumpfe, spitze oder Faßtonnen, welche grün angestrichen sind und in weißer Farbe die Aufschrift „Wrack“ tragen, kenntlich gemacht. Zur Unterscheidung von Seezeichen derselben Art dienen Topzeichen und aufgemalte Aufschriften oder Figuren.

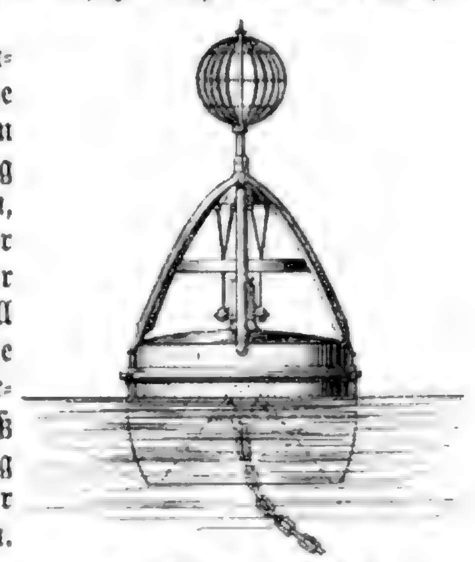
584. Ansegelungstonnen der Weser.

Solche Tonnen wurden schon seit Jahrhunderten ausgelegt. Auf der ältesten bekannten von Melchior Lorich im Jahre 1568 gezeichneten Elbkarte ist bereits eine große Zahl von Tonnen und Baken zu sehen. Als weiteres Beispiel sei die 8 ½ km*) nordwärts der Insel Wangeroog liegende, die Einfahrt der Weser bezeichnende „Schlüsseltrue“ genannt, welche als Topzeichen das Bremer Stadtwappen, den Schlüssel trägt und davon



seit dem Jahre 1664 ihren Namen führt. In ihrer jetzigen Gestalt ist diese Tonne aus starkem Eichenholz mit einem 2 m hohen Aufbau aus Eisen gebaut und in zwei wasserdichte Abteilungen geteilt, damit sie bei etwaiger Beschädigung doch noch schwimmfähig bleibt. Im ganzen 6 m hoch, ragt sie mit ihrer Spitze noch 5 m über Wasser und ist etwa 7 ½ km weit sichtbar.

Um auch bei Nacht und Nebel dem Schiffer einzelne gefährliche Stellen oder die Einfahrt in eine Hauptmündung kenntlich zu machen, hat man schon in früherer Zeit tönende Seezeichen angewendet; es lag ja ziemlich nahe, die Bewegung der Wellen zu benützen, um eine Glocke in Bewegung zu setzen. So soll der Abt von Aberbrothwick an dem mitten im Fahrwasser zum Firth of Forth und Firth of Tay liegenden Bell Rock (Glockenfelsen), der bei jeder Springflut mehrere Meter vom Wasser bedeckt wird, daher besonders gefahrvoll war und viele Menschenleben forderte, ein Floß mit einer Glocke, die von den Wellen in Schwung gesetzt wurde, ausgelegt haben, um die Schiffer vor der Annäherung an die gefährlichen Klippen zu warnen. Der Felsen, auf dem am Anfang des vorigen Jahrhunderts ein Leuchtturm erbaut wurde, soll hiervon seinen Namen haben. Bei den früheren Glockenbojen wurden Glocken gewöhnlicher Art mit einem Klöppel verwendet; bei den neueren Glockenbojen werden 3 bis 4 Klöppel außerhalb der Glocken aufgehängt, welche bei den durch die Wellenbewegung hervorgerufenen

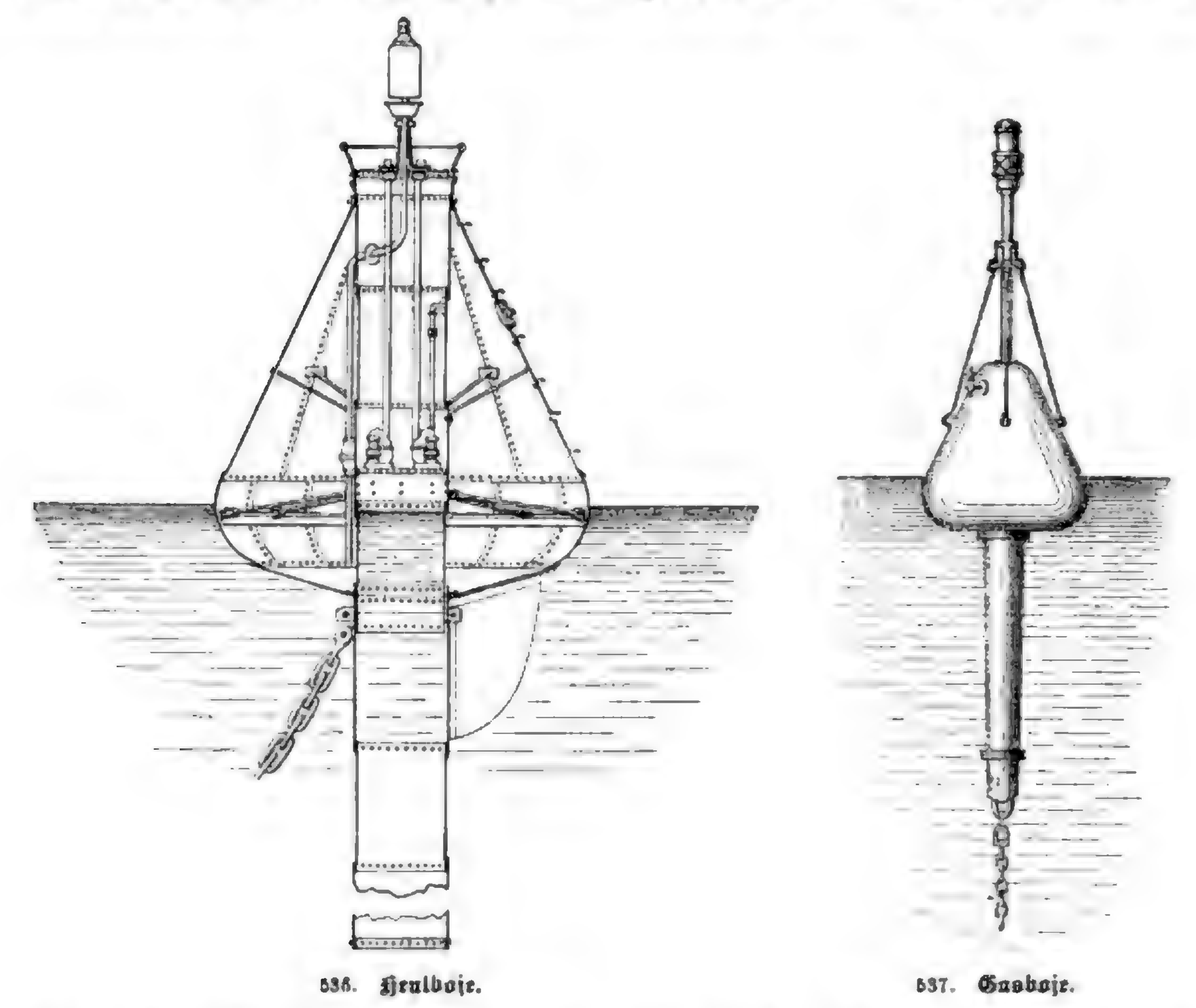


585. Eiserne Glockenboje.

*) Nach seemännischem Gebrauch werden alle die Nautik betreffenden Maßangaben in Seemeilen (1 Seemeile = 1852 m) gemacht; der leichteren Vorstellung wegen sind im folgenden alle Entfernungen in Kilometern angegeben.

Schwankungen der Boje in Schwingungen geraten und die Glocke anschlagen, wie in Abb. 535 dargestellt ist.

Diese Glockenbojen haben jedoch den Nachteil, daß sie bei ruhiger Witterung, bei der vorzugsweise die Nebel eintreten, und daher ihre warnende Stimme am nötigsten ist, den Dienst versagen. Besser bewährte sich die von dem Amerikaner Courtenay Anfang der 70er Jahre erfundene Heulboje, die in Amerika vielfach Verwendung gefunden hat; auch an der deutschen Küste wiegen sich drei solche Truen, vor den Einfahrten in die Kriegshäfen Kiel und Wilhelmshaven und bei dem Fedderort-Riff unweit Hela. Die Heulboje wirkt als Pfeife, sie besteht aus einer 4 m hohen eisernen Boje, die von einem 7 bis 9 m unter den Wasserspiegel reichenden Rohre durchdrungen wird. In diesem Rohre steht der Wasserspiegel immer gleich hoch, weil in der Tiefe von 7 bis



536. Heulboje. 537. Gasboje.

9 m die Wellenbewegung sich kaum mehr fühlbar macht. Hebt sich die Boje, so verdünnt sich die Luft in dem Rohr, sinkt die Boje, wird die Luft verdichtet. Durch verschiedene Röhren und Ventile im Inneren der Boje wird die Luft in dieser wie in einem Windkessel aufgespeichert und bringt von Zeit zu Zeit, wenn die Verdichtung einen gewissen Grad erreicht hat, eine oben auf der Boje angebrachte Signalpfeife so stark zum Tönen, daß sie bei gewöhnlichen Witterungsverhältnissen 7 bis 9 km, bei Sturm noch etwa 2 km weit hörbar ist.

Bojen, die zwar nicht bei Nebel sich bemerkbar machen wie die Heulbojen, aber nicht nur bei Tage, sondern auch bei Nacht sichtbar sind, sind die von Julius Pintsch*) in

*) Der Erfinder der Gasbojen, Julius Pintsch, ist im Jahre 1884 in Berlin im 70. Lebensjahr als Kommerzienrat gestorben. Er war ein Berliner Kind und hat sich wie mancher andere aus bescheidenen Verhältnissen — er war früher Klempnergesell in einer Kellerwerkstatt — durch Fleiß, Thatkraft und Erfindungsgabe zum Großindustriellen emporgearbeitet. Durch seine Erfindungen zur Beleuchtung der Eisenbahnwagen und Seezeichen mit Fettgas ist sein Name auf der ganzen Erde bekannt.

Berlin erfundenen **Gasbojen**. Im Jahre 1877 zuerst zur Beleuchtung des Petersburg-Kronstadter Fahrwassers erprobt, sind sie jetzt zu Hunderten ausgelegt, unter anderen haben sie auch zur Beleuchtung der Einfahrten zum Suez-Kanal und in neuerer Zeit am Kaiser Wilhelm-Kanal Verwendung gefunden, zur Kenntlichmachung des Fahrwassers im Meckelsee, wo die Aufstellung der elektrischen Lampen nicht möglich war. Die Gasbojen werden mit Fettgas gespeist, das neben der dreifachen Leuchtkraft des gewöhnlichen Gases noch den Vorteil billiger Herstellungskosten hat, da es aus minderwertigen Fettstoffen aller Art gewonnen wird. Da es nicht möglich ist, die entferntliegenden Bojen täglich mit dem Boot zu erreichen, um sie abends anzuzünden und morgens zu löschen, und auch ein Anzünden der Lampen durch den elektrischen Strom sich verbietet, weil das zur Leitung des Stromes dienende Kabel durch die in fortwährender Bewegung befindlichen Bojen hin- und hergeschleudert und bald zerstört würde, so brennen diese Bojen Tag und Nacht fort. Die großen eisernen Bojen, welche eine mit einem Fresnelschen Linsengürtel versehene Laterne tragen, dienen als Gasbehälter und werden bei ruhiger See von einem Schiff aus, das eiserne Behälter mit dem bis auf zehn Atmosphären verdichteten Gas an Bord hat, mittels eines Schlauches gefüllt; der Druck des Gases in den Bojen beträgt noch etwa sechs Atmosphären. Die am Kaiser Wilhelm-Kanal ausgelegten Bojen haben einen Inhalt von 8,2 cbm und sind, mit Fettgas von sechs Atmosphären Druck gefüllt, mit einem Brennstoffvorrat für zwei Monate bei ununterbrochener Brennzeit versehen. Die Kosten einer solchen Gasboje betragen 6000 Mark.

538. Leuchtturm auf Neuwerk.

Damit der Schiffer auch bei Nacht die Küste, der er sich nähert, und das Fahrwasser genügend erkennen kann, dazu dienen die **Leuchttürme**; sie sind die wichtigsten Seezeichen. Schon im grauen Altertum wurden Leuchtfeuer zum Schutze der Schiffer angezündet; wir finden sie schon bei Homer (10. Jahrhundert v. Chr.) in der Odyssee (X, 30) erwähnt. Von den Leuchttürmen des Altertums ist keiner auf unsere Zeit gekommen; nach den Abbildungen auf Münzen und Bildwerken und den Beschreibungen der Schriftsteller können wir uns aber eine Vorstellung von diesen Bauwerken machen. Daß der berühmte Koloß von Rhodos, jene 34 m hohe eherne Bildsäule des Sonnengottes, welche, ein Werk des Bildhauers Chares aus Lindos, um 290 oder 280 v. Chr. Geburt aufgestellt wurde und wenige Jahre darauf im Jahre 223 einem Erdbeben zum Opfer fiel, als Leuchtwarte diente, ist unwahrscheinlich; über die Gestalt und den Ort der Aufstellung ist uns nichts Näheres überliefert; daß der Koloß mit gespreizten Beinen über der Hafeneinfahrt stand, eine Fackel in der Hand, ist eine Fabel. Hätten wir im Koloß von Rhodos eine Leuchtwarte zu sehen, so bildete ein würdiges Seitenstück zu demselben das bekannte, im Jahre 1886 auf Liberty Island vor dem Hafen von New York errichtete 46 m hohe Standbild der Freiheit, deren Fackel und Stirnband allnächtlich im Glanze elektrischen

Digitized by Google

Lichtes strahlend den Schiffern den Zugang zum Hafen von New York weist. Dieses Standbild auf 28 m hohem Granitsockel errichtet, ein Geschenk Frankreichs an Amerika, ist das größte Bildwerk alter und neuer Zeit. Der älteste Leuchtturm, von dem wir wissen, ist der im Jahre 283 v. Chr. auf der Insel Pharos am Eingang zum Hafen von Alexandria unter Ptolemäus Philadelphus durch Sostratus aus Knidos erbaute Turm. Dieser Turm, dessen Standort die Bezeichnung für Leuchttürme geliefert hat, soll 170 m hoch, in seiner unteren Hälfte viereckig aus weißen Quadern gebaut, darüber achteckig und in seinem obersten Teil rund gewesen sein; er trug die Inschrift: „Sostratus von Knidos, der Sohn des Dexiphanes, den rettenden Göttern zum Wohle der Seefahrer." Sein Licht soll 60 km weit sichtbar gewesen sein und wie ein Stern durch die Nacht geschienen haben. Der Turm stand etwa bis zum Jahre 1317. Seitdem hat türkische Barbarei jede Spur des berühmten Denkmales, auch eines der sieben Weltwunder wie der Koloß von Rhodos, hinweggetilgt. Der Geograph Dionysius aus Alexandria (1. oder 2. Jahrhundert v. Chr.) berichtet von einem Leuchtturm, der an der Mündung des Chysorrhoas, im Bosporus von Thracien errichtet war, und bemerkt, daß die Bewohner an verschiedenen Punkten der Küste in verbrecherischer Absicht Feuer angezündet hätten, um die Schiffer zu täuschen.

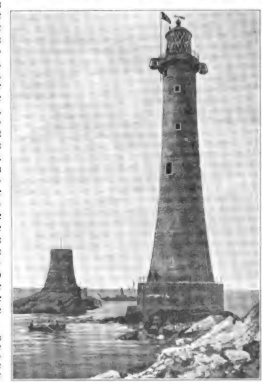
539. Leuchtturm von Cordouan.

Daß in Kriegsfällen die Feuer der Leuchttürme gelöscht werden, wie jüngst im griechisch-türkischen Krieg mehrfach vorgekommen ist, dürfte selbstverständlich sein.

Das älteste Feuer an der Nordsee ist das im Jahre 1299 auf der zu Hamburg gehörigen Insel Neuwerk zur Sicherung der Einfahrt in die Elbe errichtete Feuer, das noch heute dort brennt. Dieser Turm ist zur Zeit der älteste noch in Benutzung befindliche Leuchtturm der Erde.

Der prächtigste Leuchtturm der Erde ist der Leuchtturm von Cordouan an der Mündung der Gironde. Auf einem Felsen, der nur bei Niedrigwasser trocken, bei Hochwasser 3 m vom Wasser bedeckt ist, wurde der Turm im Jahre 1584 unter Heinrich III. begonnen und 1610 von dem berühmten Architekten und Ingenieur Louis de Foix, der auch einen Teil des Escorial gebaut hat, glücklich vollendet. Im Jahre 1727 wurde unter Ludwig XV. die 37 m über dem Meeresspiegel gelegene steinerne Laterne, deren Pfeiler vom Feuer Not gelitten hatten und auch zu viel Licht verdeckten, durch eine eiserne Laterne in derselben Höhe

ersetzt. Um den Schiffern das Feuer auf größere Entfernung sichtbar zu machen, wurde gegen das Ende des 18. Jahrhunderts der Turm auf 60 m erhöht. Durch diese Erhöhung hat der in reichem Renaissancestil erbaute Turm an seiner Schönheit bedeutend eingebüßt. Im ersten Stockwerk, welches die Bezeichnung „Wohnung des Königs“ führt, enthält der Turm einen großen reich ausgestatteten Saal und im Stockwerk darüber eine mit einer kassettierten Kuppel überwölbte, mit korinthischen Pilastern und wertvollen Bildhauerarbeiten geschmückte Kapelle und über dem Eingang zu dieser die Büste seines Erbauers, Louis de Foix. Einen zweiten gleich prunkvollen Leuchtturm hat die Erde nicht mehr aufzuweisen, da man in späterer Zeit mit vollem Recht die Schönheit eines Leuchtturms nicht in bildnerischem Schmuck, sondern in der Gesamterscheinung, in der zweckmäßigen Form, in dem schönen Umriß, in der soliden Herstellung und in der Harmonie der Verhältnisse, die den Eindruck des Monumentalen und der Kühnheit der Konstruktion zugleich zum Ausdruck bringen, gesucht hat.


510. Neuer Leuchtturm von Eddystone.

Aber manchen anderen berühmten Leuchttürmen begegnen wir noch bei einer Wanderung den Küsten entlang, berühmt durch ihre Konstruktion und durch ihre Geschichte, die uns von dem Ringen und den Kämpfen ihrer Baumeister mit den Elementen, von deren Siegen und Niederlagen erzählt. In erster Linie ist unter diesen der Leuchtturm von Eddystone (Wirbelfelsen) zu nennen.

Den ersten Leuchtturm auf diesem Felsen an der Küste von Cornwallis, 26 km südwestlich von Plymouth, hat im Jahre 1696 der Brauer und Landmann Winstanley begonnen, und bereits 2 Jahre nachher ist im November 1698 in einer Höhe von 18 m über dem Felsen das Licht in der Laterne des ganz aus Holz gebauten Turmes angesteckt worden. Die Erbauer der Leuchttürme hatten in England früher das Recht, von den Schiffen, die in das Bereich des Leuchtturms kamen, Abgaben zu erheben, die Aussicht auf Gewinn hatte Winstanley zum Bau des Leuchtturms veranlaßt. Da die Wellen an dem Turm viel höher hinaufstiegen, als der unkundige Erbauer vermutet hatte, so daß die Laterne manchmal im Wasser ganz begraben war, so erhöhte er den Turm auf die doppelte Höhe und verstärkte den Fuß durch einen 1,2 m starken Ring aus Mauerwerk. 5 Jahre, nachdem das Feuer zum erstenmal gebrannt hatte, an einem stürmischen Tage im November des Jahres 1703 befand sich der kühne Erbauer im Turm, um einige Ausbesserungen zu überwachen, und fand mit seinen Arbeitern in dem vom Sturm weggespülten Turm seinen Tod.

Drei Jahre lang mußten die Schiffer das so notwendige Feuer auf dem Wirbelfelsen entbehren, als am 1. Juli 1706 der Seidenweber John Rudyerd mit dem Bau des zweiten Leuchtturms, gleichfalls aus Holz, begann. Nach nur zweijähriger Bauzeit, am 28. Juli 1708

Digitized by Google

brannte das Feuer zum erstenmal auf dem neu erstandenen Leuchtturme und leuchtete den Schiffern 47 Jahre lang, bis im Jahre 1755 der Turm Feuer fing und als Riesenfackel in den Fluten des Meeres in Brand und Glut versank.

Mit den Vorbereitungen zum Bau des dritten Turmes wurde unverzüglich begonnen, und der im Jahre 1724 geborene Ingenieur John Smeaton wurde mit dem Bau beauftragt. Er machte sich sofort ans Werk, einen steinernen Leuchtturm zu bauen, und ließ hierzu den Felsen wagerecht abarbeiten. Der erste Stein wurde am 12. Juni 1757 gelegt, und am 29. August 1759 konnte der Schlußstein gesetzt werden. Der Turm war 20 m hoch, hatte am Fuß 8 und am Kranz $4^1/_2$ m Durchmesser. Die Steine waren mit größter Sorgfalt in äußerst zweckmäßiger Weise mit sogenannten Schwalbenschwänzen und eichenen Dübeln ineinander gefügt und miteinander verbunden. Am 16. Oktober 1759 wurde wiederum das Licht auf dem festgefügten, den stärksten Stürmen gewachsenen Turm angezündet.

Aber auch dieser Turm, einst der besondere Stolz der Engländer, ist nicht mehr vorhanden. Der Felsen, auf dem er stand, von dem Anprall der Wogen zernagt, drohte dem Turm zum Grab zu werden, und so mußte im Jahre 1878 zum Bau des vierten Turmes geschritten werden. Für seinen Standort wurde, 40 m vom alten Turm entfernt, ein für alle Zeiten Sicherheit bietendes Riff gewählt, das nur den Nachteil hatte, daß es, sehr niedrig, bei Springfluthochwasser 5 m unter Wasser lag. Im Juli 1878 wurde begonnen, und bis Ende des Jahres hatte wegen des hohen Wasserstandes nur 135 Stunden lang auf dem Riff gearbeitet werden können. Auf dem eingeebneten, von Seepflanzen gereinigten Riff wurde ein Fangdamm aus Ziegelsteinen gebaut und innerhalb desselben der Felsen zur Aufnahme des Turmmauerwerks vorbereitet. Zahlreiche Löcher wurden in den Felsen gebohrt, um jeden Stein der untersten Schicht durch starke Bolzen mit dem Felsen unverrückbar zu verbinden. Die Maschinen zur Erzeugung der Druckluft zum Antrieb der Bohrer waren auf dem in der Nähe des Riffs verankerten Schraubendampfer „Herkules" aufgestellt; auf diesem befanden sich auch die Pumpen, um den Raum innerhalb des Fangdammes nach Ablauf des Hochwassers allemal wieder wasserfrei halten zu können, und ebenso diente der „Herkules" in Verbindung mit dem auf dem Turm selbst aufgestellten und mit dessen Höherführung allemal wiederversetzten Kran zum Herbeischaffen und Versetzen der Steine.

Das Mauerwerk besteht aus Granit, und jeder Stein ist nach dem Vorgang von Smeaton mit seinen Nachbarsteinen zur Seite und in der unteren und oberen Schicht durch schwalbenschwanzförmigen Versatz aufs innigste verbunden worden, um dem Wogenprall für alle Zeiten stand halten zu können. Die Quader der untersten, unmittelbar auf dem gewachsenen Felsen ruhenden Schichte sind zudem überall noch mindestens 30 cm in diesen eingelassen. Welchen ungeheuren Kräften ein solches, der vollen Brandung ausgesetztes Bauwerk widerstehen muß, mag daraus erhellen, daß die Stoßkraft der Wellen auf das Quadratmeter getroffene Fläche einen Druck bis zu 30000 kg ausübt. Zur Erhöhung seiner Standfestigkeit ist der Turm auf einem sich 0,76 m über das Hochwasser der Springfluten erhebenden Unterbau von 13,6 m Durchmesser aufgeführt. Auf diesem Unterbau, der zugleich eine das Landen erleichternde Plattform bildet, erhebt sich der schön geschweifte Turm bis zu 40,6 m Höhe über Springfluthochwasser. Seine Mauerstärke nimmt von unten nach oben von 2,90 m bis auf 0,90 m ab.

Trotz aller Schwierigkeiten ging der Bau so gut von statten, daß am 18. Juni 1883 die feierliche Eröffnung des Turmes durch das Anzünden der Lampen durch den Herzog von Edinburg stattfinden konnte. Die Kosten des Turmes beliefen sich auf 1185100 Mark. Der alte Turm wurde abgebrochen und der obere Teil desselben auf Kosten der Stadt Plymouth auf dem hohen Strandufer von Plymouth als ein Ehrendenkmal für seinen berühmten Erbauer Smeaton wieder aufgerichtet.

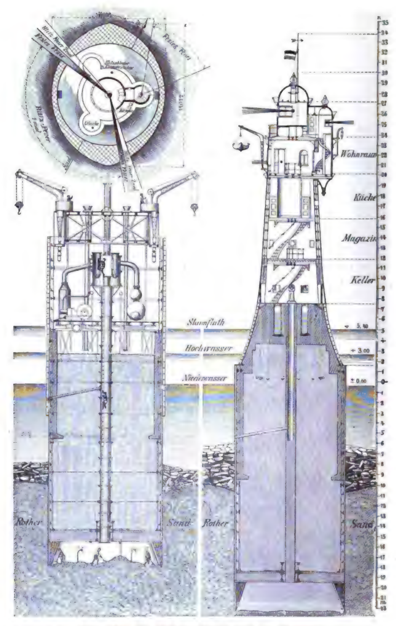
Ähnliche Schwierigkeiten beim Bau boten der im Jahre 1807 von Robert Stevenson (der im Laufe seines Lebens 18 Leuchttürme baute) ausgeführte 30 m hohe Leuchtturm auf dem schon oben erwähnten Bell Rock und der in den Jahren 1838—1842 nach den Plänen von Alan Stevenson erbaute 42 m hohe Leuchtturm von Skerryvore auf der Insel of Tyree in Argyllshire an der Westküste von Schottland.

Von den zahlreichen in den letzten Jahrzehnten auf deutschem Boden errichteten Leuchttürmen verdient der Rothesand-Leuchtturm an der Wesermündung, 48 km von Bremerhaven entfernt, wegen seiner schwierigen Gründung ausführlichere Erwähnung. Es ist dies der erste Leuchtturm, der im offenen Meere, in großer Wassertiefe, wo selbst bei Ebbe der Baugrund nicht zu Tage tritt, auf dem sandigen Meeresgrund aufgebaut, oder vielmehr in denselben abgesenkt worden ist.

Der Plan für die eigenartige Ausführung dieses Turmes, für den weder feste, noch schwimmende Gerüste verwendet werden konnten und sämtliche Hilfsmittel und Maschinen auf dem beschränkten Raum des Bauwerkes selbst untergebracht werden mußten, rührt von dem damaligen Oberingenieur der Aktiengesellschaft für Eisenindustrie und Brückenbau (vormals Johann Caspar Harkort zu Duisburg) L. Seifert (jetzt Direktor der Gesellschaft) her. Er wählte für die Gründung des eisernen Turmes das Verfahren der Druckluftgründung. Der

541. Leuchtturm auf Bell Rock.

Digitized by Google



542 u. 543. **Der Rothesand-Leuchtturm in der Nordsee.**

Während des Baues. Nach der Vollendung.

Digitized by Google

544. Der Rothesand-Leuchtturm in der Nordsee.

Digitized by Google

mächtige, eiserne Senkkasten von länglich rundem Querschnitt, 13,6 m lang, 10,5 m breit, sollte in den Meeresgrund abgesenkt und mit Beton ausgefüllt werden und so den Unterbau des Turmes bilden. Die Ausführung wurde infolge eines niedrigeren Gebots einer Konkurrenzfirma der genannten Gesellschaft übertragen. Der Caisson wurde in Bremerhaven angefertigt und schwimmend durch Schleppdampfer nach der Baustelle verbracht. Das seltsame Fahrzeug gelangte, wenn auch unter Schwierigkeiten, glücklich an seinem Ziele an. Die Bodenbeförderung begann und nahm guten Fortgang, obgleich die Arbeiten wegen Sturmes unterbrochen werden mußten. Am 9. Oktober 1881, nachdem der Senkkasten mit seiner Unterkante 20,75 m unter Niedrigwasser, etwa 12 m unter Meeresgrund versenkt war, so daß nur noch etwa 2 m an seiner endgültigen Tiefenlage fehlte, mußten die Arbeiter den Bau Sturmes wegen wieder verlassen. Am 13. Oktober mittags, als ungewöhnlich starker Nordwest wehte, sah ein Matrose von dem 6 km von der Baustelle verankerten Feuerschiff zufällig nach dem Turm und sah denselben plötzlich unter hohem Aufwallen des Wassers verschwinden. Durch Taucher wurde festgestellt, daß der Senkkasten, welcher 12½ m in den Meeresgrund eingedrungen war und 16 m über denselben hervorragte, 2½ m über dem Meeresboden ab-

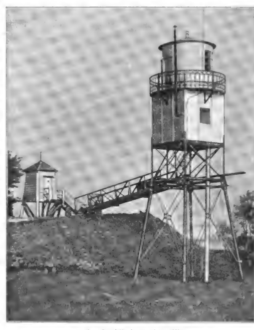
545. Ausfahrt des Senkkastens für den Rotheſand-Leuchtturm nach der Bauſtelle am 26. Mai 1883.

gebrochen war. Vermutlich waren die Wellen über den 2 m über gewöhnlichem Hochwasser endigenden nicht genügend mit Beton ausgefüllten Senkkasten hineingeschlagen und hatten so ihr Zerstörungswerk in und an demselben ausüben können.

Trotz dieses Mißerfolges wurde von dem Leiter des Bremer Tonnen- und Bakenamts, Baurat Hanckes, an dem ursprünglichen Plan festgehalten, und die Gesellschaft Harkort in Duisburg übernahm nunmehr den Bau des zweiten Turmes zum Preise von 853000 Mark, ohne die Befeuerungseinrichtung. Sie führte denselben in 2 Jahren glücklich zu Ende. Der neue Senkkasten, 14 m lang, 11 m breit mit einer Grundfläche von 114 qm, erhielt etwas größere Abmessungen als der alte. Da der Senkkasten bei der Ausfahrt aus Bremerhaven nur 6½ m Tiefgang erhalten durfte, wurden zwei Schwimmkasten mit demselben in Verbindung gebracht, die nach beendigter Fahrt leicht abgenommen werden konnten. Bei der Ausfahrt hatte der Senkkasten 18,76 m Höhe und reichte bei 6,5 m Tiefgang somit 12,26 m über Wasser. Vier Schleppdampfer hatten große Mühe, mit dem schwimmenden Ungetüm gegen Sturm und Wellen sich zu halten. Am 27. Mai 1883 konnte mit dem Versenken begonnen werden. Infolge der Erfahrungen beim ersten Bau wurde das Ausfüllen des Senkkastens mit Beton beschleunigt und der Schutzmantel im ganzen 32 m hoch gemacht, so daß ein Überschlagen der Wellen ausgeschlossen war. Die Umgebung des Bauwerks wurde durch Versenken von Faschinen und Steinmaterial gegen Auskolkungen gesichert. Dank aller Vorsichtsmaßregeln konnte das Bauwerk am 17. Oktober 1883, nachdem die Unterkante des Senkkastens erst 15,6 m unter

Niedrigwasser sich befand, einem ebenso heftigen Sturm, wie der, der seinem Vorgänger 2 Jahre zuvor den Untergang bereitet hatte, siegreichen Widerstand leisten. Nach einjähriger Bauzeit, in der 1600 cbm Boden aus dem Inneren des Senkkastens gefördert waren, hatte dieser die planmäßige Tiefe von 22 m unter Null erreicht, und es konnte auf dem jetzt für alle Zeiten gegen Unfälle gesicherten Unterbau mit dem Aufbau des ganz aus Eisen bestehenden Turmes fortgefahren werden. Am 23. Oktober 1885 wurde der aus Schweden bezogene Leuchtapparat angezündet. Der Turm hat einen Anstrich in den Farben des Reichs in 4 m hohen Bändern erhalten und ist dank diesem Anstrich und seinem ausladenden Kopfe bei Tage 18 bis 22 km weit sichtbar.

In den letzten Jahrzehnten sind zahlreiche Leuchttürme gebaut worden und zwar aus Holz, Stein und Eisen und in neuerer Zeit auch aus Beton. Holz wird der Feuergefährlichkeit halber und auch seiner Vergänglichkeit wegen nur für kleine Leuchtfeuer, wie Hafenleuchten angewendet und da, wo Eisen und Stein nur mit großen Kosten zu beschaffen sind, oder für Türme, deren Versetzung wegen Änderungen des Fahrwassers nach längerer oder kürzerer Zeit in Aussicht zu nehmen ist. Ein solcher Holzbau ist der 40 m hohe Leuchtturm von Pontaillac, welcher in den Jahren 1856/57 gebaut wurde, um in Verbindung mit dem Turm von Terre-Nègre den Schiffen die Richtung nach der Gironde zu weisen. Auf Neuseeland, wo die Erdbeben den Bau massiver Türme verbieten, sind in den Jahren 1870/79 vierzehn Leuchttürme aus dem dort zu Gebote stehenden vorzüglichen australischen Holze gebaut worden. Wo der Baugrund fest ist und Steinmaterialien und Arbeitskräfte ohne zu große Schwierigkeiten herangeschafft werden können, ist ein **steinerner Leuchtturm** einem Bau aus Eisen immer vorzuziehen, weil derselbe in gleicher Weise, wie eine Brücke von Stein, dauerhafter und daher auch billiger zu unterhalten ist, als ein Bauwerk von Eisen. Auch die Standfestigkeit eines Turmes den Angriffen des Sturmes und der Wellen gegenüber ist durch die Verwendung von großen, durch ihr Gewicht wirkenden Massen leichter zu erreichen als bei Eisenkonstruktionen, deren Zusammenhalt und Bestand nur in ihren künstlichen Verbindungen, die mit der Zeit gelockert werden können, beruht. Dagegen bieten **eiserne Leuchttürme** den Vorteil, daß sie in kurzer Zeit und mit wenig Arbeitskräften aufgestellt werden können, wenn sie in ihre Teile zerlegt, zum Aufstellen fertig angeliefert werden. Auch ihr Abbruch und ihre Versetzung ist leicht möglich, wenn eine Unterspülung des Standortes, oder sonstige Gründe die Versetzung nötig oder wünschenswert machen sollten. Am Hafen von Riga steht ein 32,3 m hoher, aus eisernen Platten gebildeter Leuchtturm, bestimmt, im Kriegsfalle abgetragen zu werden, um die feindliche Flotte nicht nur bei Nacht durch Löschen des Feuers, sondern



546. Leuchtbake an der Elbe.

durch die gänzliche Beseitigung des Turmes, auch bei Tag des wichtigen Orientierungsmittels zu berauben.

Der erste eiserne Leuchtturm wurde im Jahre 1821 von Robert Stevenson gebaut. Die eisernen Leuchttürme werden aus einzelnen, aus Röhren bestehenden Pfeilern oder als ein Gerüst aus Schmiede- oder Gußeisen, das meist, aber nicht immer mit einem Blechmantel verkleidet ist, hergestellt, oder auch aus einzelnen miteinander verschraubten und vernieteten Platten, die durch Winkeleisen ausgesteift sind. Gußeiserne Leuchttürme rosten weniger als schmiedeiserne und verlangen daher seltener einen neuen Anstrich; mit Vorliebe werden gußeiserne Leuchttürme von Holland in seinen Kolonien aufgestellt. Eiserne Leuchttürme, die nicht auf dem Lande, sondern im Meere selbst auf dem sandigen Grund errichtet werden müssen, werden auf in den Grund eingeschraubten eisernen Pfählen gebaut, wie z. B. der Leuchtturm von Walde nördlich von Calais. Ist eine Vertiefung des Grundes in der Nähe des Leuchtturmes zu befürchten, dann muß wie beim Rothesand-Leuchtturm durch die Druckluftgründung ein massiver Unterbau an Stelle der einzelnen Schraubenpfähle geschaffen werden.

Wie beim Brückenbau, so tritt in neuerer Zeit auch beim Bau der Leuchttürme der Beton mit Eisen und Stein erfolgreich in Wettbewerb. Der im Jahre 1895 12 km südwestlich von der Hafenstadt Sfax an der Ostküste von Tunis erbaute Leuchtturm von Raz-Tina ist einschließlich der Treppen ganz aus Beton hergestellt worden. Der Mangel an Steinen und das Vorhandensein von Sand führten zur Verwendung von Beton. Mit dem Bau des 44 m hohen Turmes wurde am 14. Dezember 1894 begonnen, in einzelnen Ringen von 1 m Höhe wurde der Turm aufgeführt, am 14. April 1895, in der kurzen Bauzeit von vier Monaten war der Turm ohne jeden Unfall vollendet, und bereits am 1. Juli konnte das Feuer angezündet werden.

Massive Leuchttürme werden rund, viereckig und achteckig ausgeführt. Für der Brandung ausgesetzte Türme wird stets die runde Form gewählt, und diese ist auch für Türme von großer Höhe angezeigt, weil die runde Form dem Winde weniger Angriff bietet. Trotzdem geraten bei großen Stürmen auch ganz solide gebaute Türme an der Spitze in beträchtliche Schwankungen infolge der Elastizität des Mörtels; auf dem Leuchtturm zu Gr.-Horst erreichten bei dem bekannten Sturm vom 12. u. 13. November 1872 die Schwankungen einen solchen Grad, daß der Drehapparat zeitweilig stillgestanden und dann wieder eine schnellere Bewegung angenommen hat.

Außer der Laterne auf der Spitze zur Aufnahme der Lampen müssen die Leuchttürme Räume für den Aufenthalt der Wärter, Vorratsräume für Materialien, und einzelstehende Leuchttürme Zisternen zur Aufspeicherung von Trinkwasser enthalten. Wo es möglich ist, legt man für die Wohnungen der Leuchtturmwächter gern besondere Gebäude an, um es diesen unmöglich zu machen, die Wachtstube mit der Wohnstube zu vertauschen, und um die Lampen vor dem Staub der Wohnungen zu schützen. Ist aber die Ablösung der Wärter nur in längeren Zeiträumen möglich, wie z. B. bei dem Leuchtturm auf der einsamen, nur für den eisernen Turm Raum bietenden Klippe von Bogskär in Finnland, die im Winter des Eises halber während sechs Monaten für jedes Fahrzeug unzugänglich ist, so muß der Leuchtturm selbst gute Unterkunftsräume für die aus bis zu sechs Köpfen bestehende Wachtmannschaft bieten. Sollen von einem Leuchtturm aus auch hörbare Zeichen durch Nebelhörner gegeben werden, so müssen noch Räume zur Aufstellung der Maschinen zum Betrieb der Nebelhörner und, wo elektrische Beleuchtung in Anwendung kommen soll, Räume für die Maschinen zur Erzeugung des Stromes vorgesehen werden, wenn dieser nicht etwa von einer Zentralstation auf dem Lande dem Turm zugeleitet werden kann.

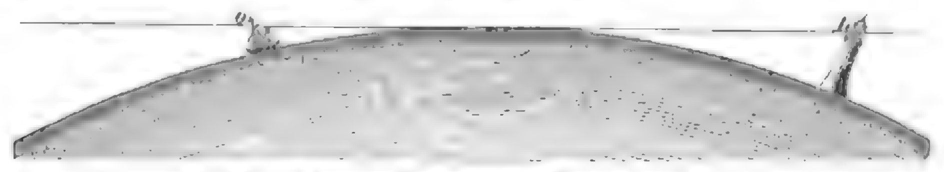
Die Höhe eines Leuchtturmes ist abhängig von der Entfernung, auf welche sein Licht wahrgenommen werden soll, und von der Höhenlage seines Standortes über dem Wasserspiegel. Jedenfalls muß aber ein Turm so hoch sein, daß die Fenster der Laterne nicht durch die vom Wind fortgetragenen Sandkörner und kleinen Steine beschädigt werden; die 17 m über dem Boden befindliche Laterne des Leuchtturmes von Fécamp ist schon mehrfach durch von Windstößen gegen ihn geschleuderte Steine erreicht und

Digitized by Google

beschädigt worden. Wenn ein Leuchtturm zugleich als Tagesmarke dienen soll, muß er unter Umständen eine größere Höhe erhalten, als die Sichtweite des Feuers es verlangen würde. Die Sichtweite des Feuers ist um so größer, je höher das Feuer und auch je höher der Beobachter über dem Wasserspiegel sich befindet.

Ist L das Leuchtfeuer und O das Auge des Beobachters auf dem Schiffe, so wird dieser das Feuer nicht früher in Sicht bekommen, als bis er in die von L ausgehende, die Kugelfläche des Meeres berührende gerade Linie tritt. Wegen der Brechung, welche die Lichtstrahlen in der Atmosphäre erleiden, verhält sich die Sache aber nicht ganz so einfach, wie in der Abb. 169 dargestellt ist. Denn da die Luftschichten in den oberen Regionen dünner sind als in den unteren, so bildet ein von der Lichtquelle in der Laterne ausgehender Lichtstrahl keine gerade Linie, sondern eine Kurve, die ihre konvexe Seite nach oben kehrt. Der Beobachter in dem Punkte, wo der Lichtstrahl die Meeresfläche oder die Kommandobrücke des Schiffes trifft, sieht daher den leuchtenden Punkt nicht in der geraden Richtung von seinem Auge nach diesem Punkt, sondern in der Richtung der berührenden Geraden an den gekrümmten Lichtstrahl, und es erscheint die Lichtquelle höher, als sie in Wirklichkeit ist; die atmosphärische Strahlenbrechung hat daher eine Vergrößerung der Sichtweite der Leuchtfeuer zur Folge.

Die nachfolgende Tabelle gibt für eine Augenhöhe von 4,5 m über Wasser die Sichtweite bei verschiedenen Höhen der Leuchtfeuer an.



547. Die „Kimmung" oder die Wölbung des Meeres.

Sichtweite der Leuchtfeuer in Kilometern:

Höhe des Feuers in m	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Sichtweite in km	20	25	29	32	35	38	40	42	44	46

Die Lichtweite eines Leuchtfeuers ist aber selbstverständlich nicht allein von seiner Höhe über dem Wasserspiegel, sondern auch von seiner Lichtstärke abhängig. Die Leuchtfeuer in alter Zeit waren Holz- und später Kohlenfeuer, die in eisernen Körben, „Bliesen" genannt, an einer Stange seitlich zum Turm hinausgesteckt wurden; ihre Lichtstärke war wechselnd, da sie je nach der Luftbewegung bald stärker, bald schwächer brannten. Später wurden Kerzen angewendet, und noch am Anfang des vorigen Jahrhunderts sendeten von Smeatons berühmtem Leuchtturm auf dem Eddystone wenige Talgkerzen ihr spärliches Licht in die See hinaus. An die Stelle der Talg- und Wachskerzen trat mit der Zeit Rüböl, das, solange es in vollen, runden oder Banddochten verbrannt wurde, das Kerzenlicht nur um weniges übertraf. Eine wesentliche Verbesserung und Verstärkung trat erst mit Einführung der von dem Genfer Argand erfundenen Lampe ein, deren hohlem, cylindrischem Dochte von außen und von innen Luft zugeführt wurde, wodurch die Verbrennung des Öls eine bedeutende Steigerung erfuhr. Durch die Anordnung eines über die Flamme gestülpten, schornsteinartigen Glascylinders wurde die Zuströmung und Abführung der Luft noch verstärkt. Da mit der gewöhnlichen Lampe mit einem Dochte nicht die genügende Lichtstärke erzielt wurde, so wurde mit der Zeit der von Augustin Fresnel erfundene Brenner mit mehreren senkrechten Dochten eingeführt; zwischen den Dochten befinden sich kreisförmige Schlitze, durch welche die Luft eintreten, jede Flamme von außen wie von innen bestreichen und dadurch das vollständige Verbrennen der entwickelten Gase überall veranlassen kann; es wurden Brenner mit bis zu sieben Dochten angewendet. Das auf den französischen Leuchttürmen gebrannte pflanzliche Öl war sogenanntes Colzaöl, das aus dem namentlich im Departement du Nord und in der Normandie angebauten Sommerraps, französisch Colza genannt, gewonnen wurde. Eine weitere wesentliche Verbesserung war die von Carcel gemachte Erfindung, den Dochten das Öl durch eine von einem Uhrwerk getriebene Pumpe zuzuführen. Da die erzeugte

Digitized by Google

Lichtmenge nahezu der verbrauchten Ölmenge proportional ist, so bietet diese Einrichtung ein Mittel, neben der Erzielung einer großen Stetigkeit der Flamme, das Licht derselben, natürlich innerhalb bestimmter Grenzen beliebig zu steigern; ferner werden die Dochte durch die künstliche Zuführung von Öl vor rascher Verkohlung geschützt, und es wird dadurch das Abnehmen der Lichtstärke mit zunehmender Brenndauer in einer und derselben Nacht wesentlich verhindert. Diese Vorteile haben dazu geführt, in den größeren Lampen den Dochten das Vierfache der wirklich zu verbrennenden Ölmenge zuzuführen; das nicht verbrannte Öl fließt in den Ölbehälter zurück und schützt durch seine Erwärmung den Ölvorrat im Ölbehälter im Winter vor dem Dickwerden.

Nachdem sich die leichten Mineralöle, Petroleum und Schieferöl als Beleuchtungsstoffe für die gewöhnlichen Zwecke des Lebens bewährt hatten, war es angezeigt, diese Öle auch auf den Leuchttürmen zu brennen, und ihrer Verwendung in den kleinen Lampen mit einem Dochte für die Feuer der fünften und sechsten Ordnung stand auch nichts im Wege, da nur ähnliche Lampen wie die gewöhnlichen Stubenlampen erforderlich waren. Im Jahre 1864 wurde in Frankreich bereits auf 41 Leuchttürmen nicht mehr Colzaöl, sondern ein in seinem Verhalten dem Petroleum ähnliches, durch Destillation aus bituminösen Schiefern gewonnenes Mineralöl gebrannt. Der gute Erfolg ließ es wünschenswert erscheinen, auch die Lampen erster Ordnung mit leichten Ölen zu speisen. Nach ausgedehnten Versuchen, die das amerikanische Petroleum, weil in seiner Zusammensetzung und in seinen Eigenschaften zu veränderlich, als nicht geeignet für die Leuchtfeuer erscheinen ließen, wurde im Jahre 1873 für sämtliche französische Feuer die Verwendung von in Schottland hergestelltem Paraffinöl angeordnet. Der Gefahr, daß kriegerische Verwickelungen den Bezug des Öles aus Schottland verbieten sollten, hat man dadurch Rechnung getragen, daß man an den größeren Lampen nichts geändert, sondern nur die Brenner gewechselt hat, so daß man jeder Zeit nach Einsetzen der alten Brenner zum Brennen von Colzaöl zurückkehren kann. Auf den deutschen Leuchttürmen begann man im Jahre 1870 statt des Rüböls Mineralöl zu brennen, das früher aus bituminösen Braunkohlen, jetzt durch Destillation aus amerikanischem Petroleum gewonnen wird.

In neuerer Zeit wird vielfach Steinkohlengas zur Beleuchtung von Leuchttürmen verwendet, die auf dem Festland stehen, und in deren Nähe eine Gasanstalt sich befindet. Den vom Wasser rings umspülten Türmen Gas zuzuführen, verbietet sich wegen der Schwierigkeiten beim Verlegen der Rohrleitungen und wegen der beim Versenken derselben sich in ihnen bildenden Wasseransammlungen. Durch Verwendung von Gas wird die Behandlung der Lampen und der ganze Wärterdienst sehr vereinfacht, und durch den von dem Irländer Wigham erfundenen Brenner ist es gelungen, eine so bedeutende Lichtstärke zu erzielen, daß das Gaslicht selbst mit dem elektrischen Licht in erfolgreichen Wettbewerb treten konnte.

Der von Faraday entdeckte elektrische Funken wurde zum erstenmal im Jahre 1858 zur Beleuchtung des Leuchtturmes zu South-Foreland bei Dover verwendet. Aber nur langsam konnte sich das elektrische Licht auf den Leuchttürmen Eingang verschaffen. Man machte ihm zum Vorwurf, daß es trotz seiner großen Lichtstärke auf große Entfernungen weniger sichtbar sei als Öllicht, und daß es infolge seiner Armut an roten Strahlen namentlich nicht im stande sei, den Nebel auf größere Entfernungen zu durchdringen. Anderseits klagten die Schiffer über die große Helle, die das elektrische Licht auf dem im Jahre 1884 gebauten 76 m hohen Leuchtturm auf Hallets Point bei New York ausstrahlte, die eher unbequem, ja sogar schädlich, statt nützlich sei, da außerhalb der erleuchteten Flächen wegen des grellen Gegensatzes zwischen hell und dunkel die Entfernungen zu schwer zu schätzen seien. Nach dreijährigem Betrieb dieses Leuchtturmes vertauschte man deshalb das elektrische Licht mit der Mineralöl-Beleuchtung. Ebenso mußte das elektrische Licht auf dem Leuchtturm von Dungneß, 32 km südwestlich von Dover, welches seit 1862 seine Strahlen nach dem Kanal hinaussandte — allerdings mit unliebsamen Unterbrechungen, so daß stets eine Öllampe in Bereitschaft gehalten

werden mußte, im Jahre 1874 der Rübölbeleuchtung wieder weichen, ist aber neuerdings in seine Herrschaft wieder eingesetzt worden. In Frankreich wurden die beiden auf dem Kap la Hève nebeneinanderstehenden Leuchttürme seit 1864 elektrisch beleuchtet und zwar mit so gutem Erfolg, daß im Jahre 1882 die Einführung des elektrischen Lichtes auf den französischen Leuchttürmen in ausgedehntem Maße beschlossen wurde, während man sich in England in diesem Zeitpunkt gegen die Vorzüge des elektrischen Lichtes für die Küstenbeleuchtung noch ablehnend verhielt.

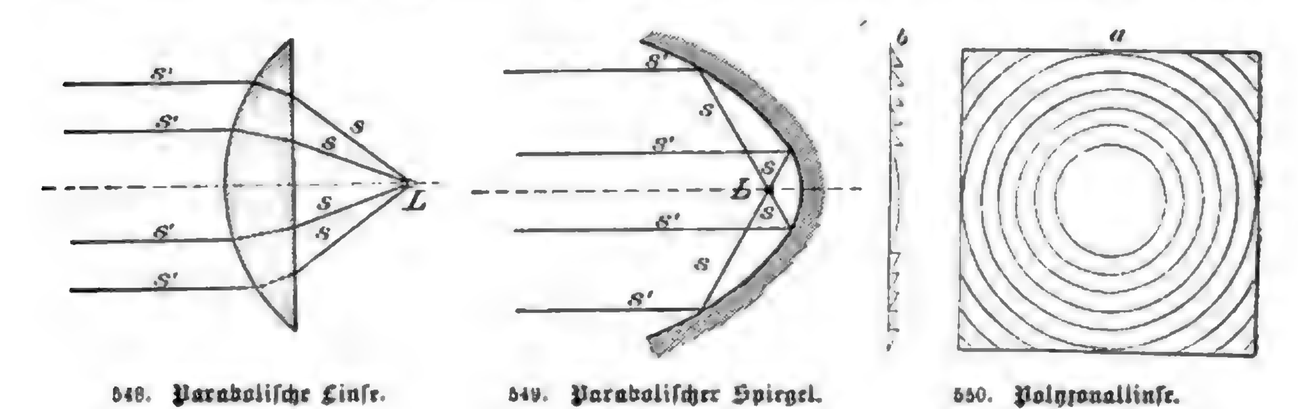
In den Jahren 1884/85 wurden auf Veranlassung des englischen Küstenschutzamtes (Trinity House) auf South-Foreland, der Wiege der elektrischen Leuchtturmbeleuchtung, in umfassendster Weise vergleichende Versuche über die beste Leuchtturmbefeuerung angestellt und auf drei eigens hierzu errichteten steinernen Türmen die Feuer, und zwar eines aus elektrischem Licht, eines mit dem seitherigen Pflanzenöl und eines aus Gaslicht nach System Wigham, während mehrerer Monate und bei den verschiedenartigsten Witterungszuständen beobachtet; diese Versuche haben unzweideutig bewiesen, daß das elektrische Licht besser als Gas- und Öllicht geeignet ist, den Nebel zu durchdringen, und ihm damit den Sieg über Gas- und Öllicht errungen. Freilich sind die Anlagekosten der elektrischen Leuchtfeuer sehr hoch, und deshalb konnte ihnen noch nicht auf allen Leuchttürmen die ihnen gebührende Stelle eingeräumt werden.

An der deutschen Küste ist der neu erbaute eiserne Leuchtturm auf der Insel Borkum, welcher die Einfahrt der Ems beleuchtet, und der im Jahre 1894 vollendete steinerne Leuchtturm in Neufahrwasser mit elektrischem Licht ausgestattet worden. In Neufahrwasser hatte durch die elektrische Beleuchtung der Hafenkais und mehrerer benachbarter Fabriken das durch 7 Petroleumlampen erzeugte Feuer auf dem Mitte vorigen Jahrhunderts erbauten Leuchtturm an seiner Stärke bedeutend eingebüßt. Da auch eine größere Höhe des Feuers angezeigt war und der als Ausguck für die Lotsen dienende einen Zeitball tragende hölzerne Turm der Erneuerung bedurfte, so entschloß man sich, einen neuen Leuchtturm zu bauen, welcher zugleich die Lotsenwarte und die Zeitballstation in sich vereinigte. Da die auf anderen Leuchttürmen ausgeführten großen elektrischen Beleuchtungsanlagen nicht als Vorbild dienen konnten, so wurden an dem alten Turme 4 Jahre lang Versuche mit elektrischen Bogenlampen gemacht, welche ergaben, daß die beste Wirkung mit wagerecht gestellten Kohlenspitzen erzielt werden. Die Anlage für die gemeinsame Beleuchtung des Leuchtturms und der Hafenkais wurde so eingerichtet, daß neben 6 Dynamomaschinen noch eine Akkumulatorenbatterie aufgestellt wurde, und es wird in mondhellen Nächten und in den Zeiten, in denen die Beleuchtung des Hafens entbehrlich ist, die Leuchtturmlampe unmittelbar durch den Akkumulator gespeist. Den Witterungsverhältnissen entsprechend kann man das Leuchtturmslicht mit wechselnder Lichtstärke brennen lassen, dadurch, daß von den in der Leitung befindlichen Widerständen ein größerer Teil ausgeschaltet wird.

Von einem Leuchtfeuer verlangt man, daß es so früh wie möglich dem von der See kommenden Schiffe sichtbar wird und daß es dem Schiffe auf der Strecke zwischen dem Punkte, wo das Feuer zuerst in Sicht kam, und dem Leuchtturme selbst genügend Licht spende. Diejenige Anordnung eines Leuchtturmes ist daher die beste, bei der so wenig wie möglich Strahlen von der Lampe und den zugehörigen Teilen verschluckt werden oder durch Ausstrahlung in die Wolken verloren gehen. Solange man Holz- und Kohlenfeuer brannte, gab es keine Möglichkeit, die von der Lichtquelle nach allen Richtungen in gleicher Weise ausgesandten Lichtstrahlen zu sammeln. Erst durch die Einführung der Brenner, namentlich der Argandschen Lampe, wurde es möglich, durch Spiegelung und Brechung die Lichtstrahlen zu sammeln, nach bestimmten Flächen zu leiten und zu verstärken. Um die von einer Lichtquelle ausgehenden Strahlen in wagerechter Richtung so zu leiten, daß ein Gürtel von hinreichender Breite beleuchtet wird, müssen die nach oben gerichteten Strahlen abwärts, die nach unten gerichteten aufwärts gebeugt werden, was durch parabolische Spiegel oder durch Linsen geschehen kann.

Die parabolischen Spiegel, deren Erfinder unbekannt ist, wurden gegen Ende des 18. Jahrhunderts in England und Frankreich auf den Leuchttürmen eingeführt. Am meisten im Gebrauch waren und sind teilweise noch versilberte Kupferspiegel. Diese Spiegel kommen aber immer mehr in Abgang, da sie den Nachteil haben, einen großen Teil des Lichtes zu verschlucken, teils wegen der Unvollkommenheit der Form, da die genaue mathematische Form sich bei den von Hand herzustellenden Spiegeln nicht erreichen läßt und die Abweichungen von derselben sich mit der Zeit durch das Putzen und durch Beschädigungen noch vergrößern, teils wegen der wirklichen Aufsaugung der Lichtstrahlen, die mit der mangelhaften Politur und mit der Oxydation des Metalls zunimmt.

Statt dieser parabolischen Spiegel, genannt katoptische Apparate, sind jetzt fast ausschließlich die aus Glaslinsen und Prismen bestehenden dioptrischen und katadioptrischen Beleuchtungsapparate in Anwendung. Durch die Einführung der ums Jahr 1821 von Augustin Fresnel erfundenen Linsenvorrichtungen ist in der Küstenbeleuchtung ein größerer Fortschritt gemacht worden, als durch jede andere Verbesserung. Die von einem dünneren Mittel, z. B. Luft, in ein dichteres Mittel, z. B. Glas, übergehenden Lichtstrahlen werden, wenn sie die Oberfläche schief treffen, gebrochen, gehen innerhalb des Glases in gerader Richtung weiter und werden beim Verlassen desselben



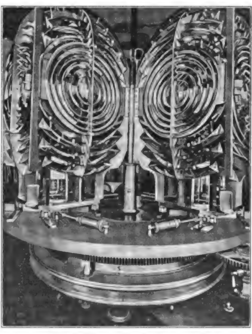
548. Parabolische Linse. 549. Parabolischer Spiegel. 550. Polyzonallinse.

wieder abgelenkt. Die in der Abb. 548 dargestellte, vor der Lichtquelle L befindliche plankonvexe Linse bietet daher ein Mittel, ebenso wie ein hinter der Lichtquelle aufgestellter parabolischer Spiegel (Abb. 549) die Strahlen der Lichtquelle zu einem parallelen Strahlenbündel zu sammeln. Da große Linsen schwierig herzustellen wären und auch sehr viel Licht beim Durchgang durch die dicke Glasmasse verzehrt würde, so zerlegte Fresnel nach den Vorschlägen früherer Forscher den erforderlichen Glaskörper in eine Linse von höchstens 25 cm Durchmesser und in einzelne die Linse umgebende Ringe von solchen Abmessungen, daß ihre Brennpunkte mit dem Brennpunkt der Linse zusammenfallen. Eine solche ringförmige, aus mehreren von einander unabhängigen und zusammengesetzten Stücken bestehende polyzonale (vielgürtelige) Linse wirkt wie eine Sammellinse von dem Durchmesser des größten Ringes, enthält aber bedeutend weniger Glasmasse und kann beliebig vergrößert werden. Da aber die oben und unten über die Linse hinausgehenden Strahlen bei diesen dioptrischen Apparaten noch verloren gehen würden, so hat man diese Strahlen durch Metallspiegel aufgefangen und nach außen geworfen. Eine weitere Verbesserung dieser katadioptrischen Apparate wurde im Jahre 1842 von Léonard Fresnel dadurch herbeigeführt, daß er diese Metallspiegel durch Glasprismen ersetzte, welche das Licht zuerst brechen und dann zurückwerfen. Diese als Spiegel wirkenden Glasprismen haben den großen Vorzug vor den Metallspiegeln, daß sie, reine Glasmasse und reine Oberfläche vorausgesetzt, bedeutend weniger Licht verschlucken als die Metallspiegel. Ein solcher katadioptrischer Beleuchtungsapparat, Bienenkorb genannt, ist sowohl in seinem ganzen Aufbau, wie in seinen einzelnen Teilen nach mathematischen Regeln geordnet und besteht aus einem eisernen Gerüste, auf dem die einzelnen Glasteile aufgesetzt und mit durchsichtigem Kanadabalsam zusammengekittet sind. Die Auf-

Digitized by Google

stellung eines solchen Apparates hat mit größter Genauigkeit zu erfolgen, da ein Fehler von Bruchteilen eines Millimeters in der wagerechten Lage eines Teiles schon eine bedeutende Ablenkung der Lichtstrahlen im Gefolge hat. Die Kosten dieser Apparate, die nur von wenigen Firmen in Frankreich und England angefertigt werden, betragen für einen Apparat erster Ordnung mit 1,84 m Durchmesser der Linsentrommel 50 bis 60000 Mark, für einen Apparat sechster Ordnung mit 0,35 m Durchmesser noch 500 bis 600 Mark.

Da die sich der Küste nähernden Schiffe bei der immer wachsenden Zahl von Leuchttürmen deren mehrere zugleich zu Gesicht bekommen, müssen die einzelnen Feuer deutliche Unterscheidungsmerkmale haben, damit der Schiffer weiß, welchen Leuchtturm er vor sich hat, und demnach seine Ortsbestimmung machen kann; eine Irrung könnte ihn in die größte Gefahr bringen. Die in Deutschland amtlich eingeführten Bezeichnungen der verschiedenen Feuer sind:



551. Linsenapparat (Bienenkorb) des Leuchtturms von Penmarch-Eckmühl am Kap Finisterre.

1. Feste Feuer ununterbrochen und von gleichbleibender Lichtstärke, weiß oder farbig.

2. Feste Feuer mit Blinken. Ein solches festes Feuer zeigt in regelmäßigen Zwischenräumen helle weiße Blinke und verschwindet augenblicklich kurz vor oder nach diesen Blinken.

3. Unterbrochene Feuer. Dies sind feste Feuer, welche längere bestimmte Zeit stehen, dann plötzlich auf eine ebenfalls bestimmte Zeit ein oder mehrere Male kurz nacheinander verschwinden, um sodann in der früheren Stärke und Dauer wieder aufzutreten.

4. Blitzfeuer. Diese Feuer werden plötzlich sichtbar, stehen eine kurze Zeit und verschwinden dann wieder auf kurze Dauer.

5. Wechselfeuer, erscheint abwechselnd rot und weiß ohne Verdunkelungen.

6. Blinkfeuer, zeigen in regelmäßigen Zwischenräumen Blinke und Verdunkelungen.

7. Gruppen-Blinkfeuer, zeigen mehrere schnell aufeinanderfolgende Blinke, in der Regel zwei oder drei zu einer Gruppe vereint, welchen dann eine Verdunkelung von bestimmter längerer Dauer folgt.

8. Funkelfeuer sind entweder Feuer mit schnell aufeinander folgenden Blinken, die jedesmal in 3 bis 5 Sekunden auftreten, oder sie zeigen in ebenso kurzen Zeiträumen ein abwechselndes Aufleuchten und Abnehmen der Flamme.

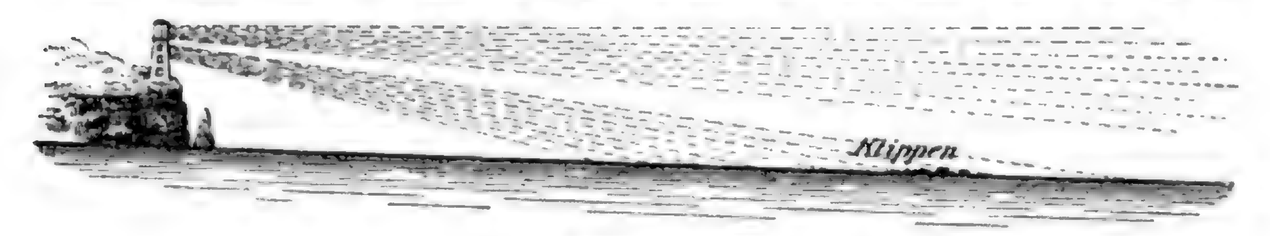
Mit Ausnahme der festen Feuer können alle übrigen Feuer als Drehfeuer bezeichnet werden. Die Wechselfeuer und unterbrochenen Feuer werden dadurch hergestellt, daß ein festes Feuer durch drehbare farbige, dunkle Schirme entweder gefärbt oder zeit-

Digitized by Google

weise verdeckt wird. Bei den übrigen Drehfeuern wird entweder die ganze Linsentrommel gedreht, oder es werden nur einzelne geschliffene Scheiben vor der Trommel eines festen Feuers vorüber bewegt. Von der Anzahl dieser Scheiben und ihrer Geschwindigkeit ist die Zeit abhängig, in der die Lichtblicke sichtbar werden. Die mit kurzen Verdunkelungen abwechselnden Blinke haben bei gleicher Lichtstärke eine größere Sichtbarkeit wie feste Feuer. Die Umdrehung der Apparate wird durch ein Uhrwerk bewirkt.

In neuerer Zeit wendet man in der Leuchtfeuerbezeichnung der Flußläufe mit Vorliebe zwei hintereinander stehende Feuer an. Man nennt solche Feuer „Leitfeuer“. Ein Leitfeuer besteht immer aus einem hohen und einem niedrigen Leuchtfeuer. Die Verbindungslinie dieser beiden Feuer stellt die Richtungs- oder Leitlinie für den Kurs der Schiffe auf einer bestimmten Fahrwasserstrecke dar. Auf der Elbe sind bereits neun solcher Leitfeuer errichtet und drei weitere projektiert.

Farbige Feuer sucht man so lange wie möglich zu vermeiden, da die Farben bei verschiedener Beschaffenheit der Luft sich verändern und die farbigen Gläser auch zu viel Licht verschlucken. So erscheinen weiße Lichter aus der Ferne um so rötlicher, je nebeliger die Luft ist, und grüne Lichter scheinen weiß, während rote Lichter durch eine nebelige Atmosphäre eine noch tiefere rote Färbung erlangen. Dies ist der Grund, weshalb rotes Licht bei Nebel auf große Entfernungen noch erkannt wird, während weißes Licht, das in der Nähe das rote an Stärke übertrifft, nicht mehr zu erkennen ist. Daß grüne Gläser eine größere



552. Tauchendes Feuer.

Lichtstärke verlangen als rote, kann man jederzeit an entgegenkommenden Schiffen wahrnehmen, deren rotes Licht an Backbord schon zu erkennen ist, während vom grünen Licht am Steuerbord noch nichts zu sehen ist. Ein recht teures, aber zuweilen unvermeidliches Unterscheidungsmerkmal besteht in der Aufstellung von 2 Feuern, entweder in gleicher Höhe auf getrennten Leuchttürmen wie am Kap la Hève bei Hâvre oder in verschiedener Höhe auf einem Turme.

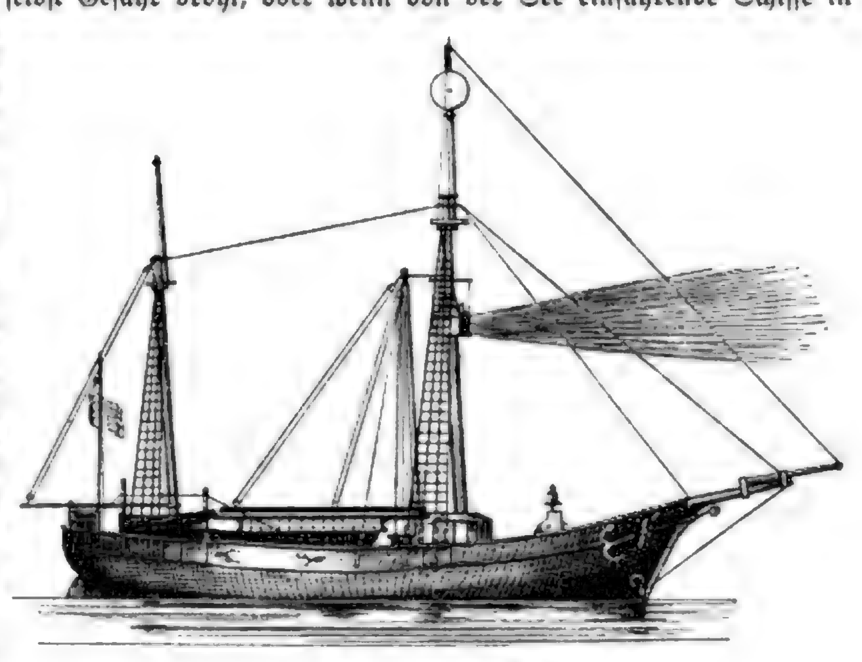
Soll ein im Meer befindlicher Felsen oder eine gefährliche Untiefe den Schiffern kenntlich gemacht werden, so wird das tauchende Feuer angewendet; die Achse des Beleuchtungsapparates wird so gegen den Horizont geneigt, daß die Strahlen statt wagerecht, abwärts auf die See gelenkt werden, so daß, sobald ein Schiff das tauchende Licht in Sicht bekommt, es erkennt, daß es die Grenzlinie des sicheren Fahrwassers überschritten hat und seinen Kurs rechtzeitig ändern kann. Soll der betreffende Leuchtturm nicht nur als tauchendes Feuer, sondern als Nachtwarte überhaupt dienen, so werden die beiden Feuer zweckmäßig mit verschiedener Farbe und unabhängig voneinander hergestellt, das für eine kleine Entfernung bestimmte Tauchfeuer rot, das andere weiß und von größerer Stärke. Auf dem neuen Eddystone-Leuchtturm ist außer dem Drehfeuer in der Laterne in geringerer Höhe ein festes tauchendes Feuer zur Beleuchtung einer Untiefe angebracht.

Zur Verdeutlichung der Fortschritte, welche in der Küstenbeleuchtung durch Verbesserung der Lampen und der optischen Apparate erzielt worden sind, sei angeführt, daß das jetzige durch Öl erzeugte Feuer auf dem Eddystone bei einer Lichtstärke von 159600 Kerzen 2382mal so stark ist, als das am Anfange des 19. Jahrhunderts noch brennende Licht der Talgkerzen; dieses Talgkerzenlicht kostete nach genauen Untersuchungen in der Stunde 1,$_{00}$ Mark, das jetzige 2382mal stärkere Licht, einschließlich der Dochte und Glasschlote 1,$_{64}$ Mark in der Brennstunde.

Feuerschiffe. Da, wo auf weit vorgeschobenem Posten in der See der Bau eines Leuchtturmes sich der Tiefe wegen verbietet, oder wo unter dem Wellenschlage sich verändernde Sandbänke eine wechselnde Lage des Seezeichens verlangen, legt man

Feuerschiffe aus. Dies sind stark gebaute, an kräftige Anker gelegte Schiffe, die bei Tag am Mast eine Kugel oder Flagge als Erkennungszeichen tragen und bei Nacht am Mast eine aus mehreren Laternen vereinigte Lampe hochziehen. Meist sind sie rot gestrichen und tragen weithin deutliche Aufschrift. Zur Bedienung der Lampe haben sie dauernd einige Mann an Bord. Der geringeren Höhe wegen kann natürlich ihr Feuer nicht weit sichtbar sein, weit nachteiliger ist aber, daß die Feuerschiffe, bei sehr schlimmem Wetter, bei starkem Eisgang und dergleichen in Sicherheit gebracht werden müssen, also zu einer Zeit, wo ihr warnendes Licht erst recht notwendig wäre. Wenn Nebel und Schnee die kleine Lampe unsichtbar machen, geben die Feuerschiffe Schallsignale. Eine Verbesserung der Feuerschiffe besteht in der Anordnung eines aus schmiedeeisernem Gerüst bestehenden, statt des Mastes errichteten Leuchtturmes, auf welchem eine größere, weit stärkeres Licht spendende Laterne angebracht werden kann. Das durchbrochene Turmgerüst bietet dem Wind so wenig Fläche, daß die Standfähigkeit des Schiffes dadurch nicht mehr beeinflußt wird, als durch einen gewöhnlichen Mast.

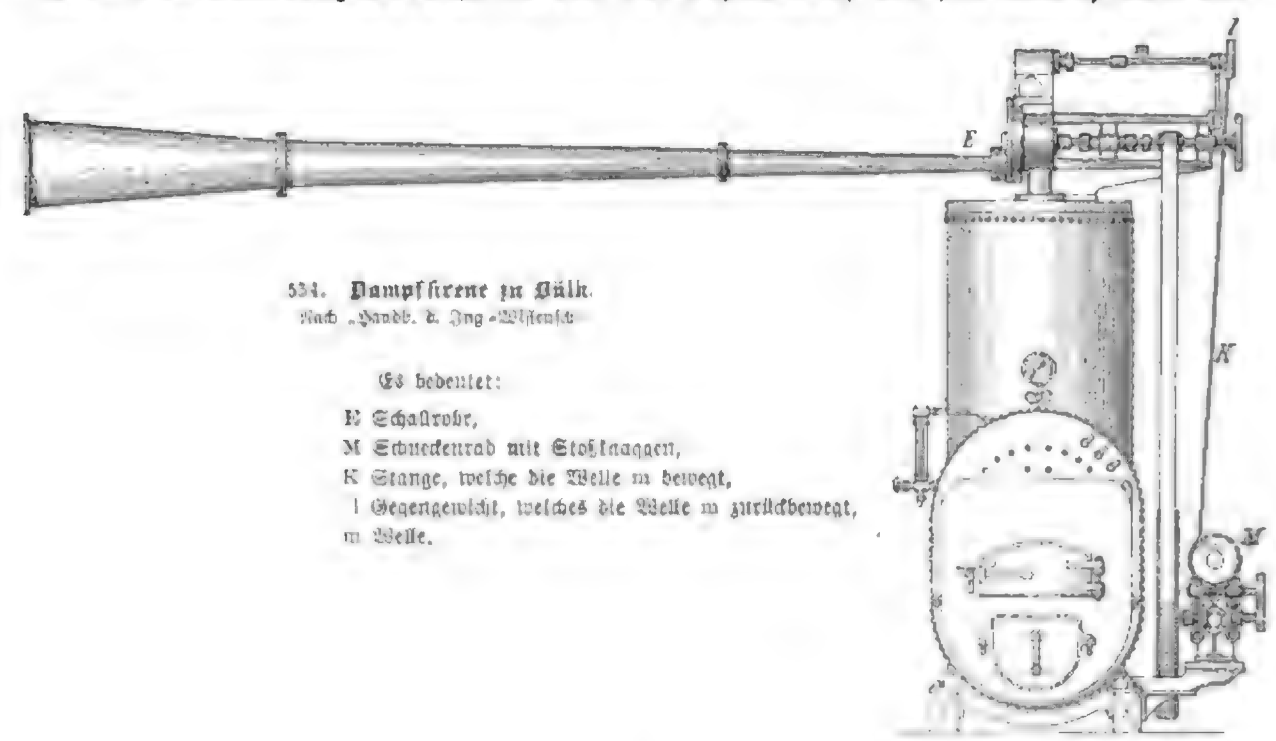
Daß eine Verbindung der Leuchtschiffe mit dem Festlande von großer Bedeutung ist, damit diese, wenn ihnen selbst Gefahr droht, oder wenn von der See einfahrende Schiffe in ihrer Nähe auf den Grund geraten sind, oder sonst einen Unfall erlitten haben, vom nächsten Hafenplatz einen Schleppdampfer oder ein Rettungsboot herbeirufen können, liegt auf der Hand. Man hat durch Telegraphenkabel eine Verbindung herzustellen gesucht; es ist dies aber mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft, weil die Schiffe beim Wechseln von Ebbe und Flut und bei den verschiedenen Windrichtungen um ihren Anker schwingen und dadurch Verwickelungen des Kabels mit der Ankerkette eintreten. An der Nordseeküste sind daher seit dem Jahre 1876 auf Veranlassung der preußischen Regierung Versuche angestellt worden, die Verbindung von an besonders gefährdeten Stellen liegenden Leuchtschiffen mit dem Festlande durch Brieftauben herzustellen, und es hat sich diese Einrichtung an der Eidermündung aufs glänzendste bewährt. Auf dem 67 km von Tönning entfernten „äußeren Feuerschiff“ und auf der zwischen diesem und dem Lande ankernden Eidergaliote wurden Taubenpoststationen eingerichtet, um dringende Nachrichten schnellstens nach Tönning zu befördern. Bei mehreren Unfällen hat sich diese Taubenpost als sehr wertvoll erwiesen. So war z. B. am 15. Oktober 1881 bei einem starken Sturm die Ankerkette des Feuerschiffes gebrochen, und dieses kam ins Treiben. Vier mit der Depesche um Hilfe abgesandte Tauben kamen trotz des Sturmes in Tönning an, nach einer längsten Flugzeit von 58 Minuten, worauf sofort ein Dampfer in See ging, das Feuerschiff aufsuchte und in Sicherheit brachte. Die Beschaffung eines Feuerschiffes erfordert 150000 bis 200000 Mark. Es handelt sich also, abgesehen von den Menschenleben, um erhebliche Werte, denen gegenüber die Unterhaltungskosten der Brieftaubenstationen nicht in Betracht kommen können.



553. Feuerschiff.

Die jährliche Unterhaltung eines Feuerschiffes kostet ungefähr 30000 M., wogegen die Unterhaltung eines Leuchtturmes nur 5000—6000 M. erfordert. Wo also der Bau eines Leuchtturmes überhaupt möglich ist, wird trotz der hohen Baukosten im Vergleich zu den niederen Anschaffungskosten eines Feuerschiffes doch die Anlage eines Turmes vorteilhafter sein.

Hörsignale. Ein noch gefährlicherer Feind für die Schiffahrt als die Nacht ist der Nebel, da dieser nicht nur bei Nacht die stärksten Feuer so verdunkelt, daß sie selbst auf geringe Entfernung unsichtbar werden, sondern auch bei Tage die Küste und andere Schiffe mit einem undurchsichtigen Schleier umhüllt. Da sich das Licht im Kampf gegen diesen Feind als unwirksam erwiesen hat, so hat man schon frühzeitig zum Bruder des Lichtes, zum Ton seine Zuflucht genommen, dieser hat sich insofern als besonders geeignet erwiesen, als der Nebel, der meist bei ruhigem Wetter eintritt, den Schall vortrefflich leitet, weil auf große Ausdehnung eine gleichmäßige Luftbeschaffenheit herrscht, die keine Brechung der Schallwellen durch ungleichartige Luftströmungen veranlaßt. Die einfachsten Instrumente, aber auch nur auf geringe Entfernung hörbar, sind die von Menschen geblasenen Hörner und die Gongs; weiter hörbar (bis auf 3 km Entfernung) sind die Glocken, noch kräftiger als diese wirken Geschütze. Die Schüsse können aber nicht rasch genug aufeinander abgegeben werden, da die Bedienungsmannschaft in der Regel nur aus einem Mann besteht; anderenfalls erfordern die Warnungszeichen durch Kanonenschüsse viele Bedienungsmannschaften und viel Schießbedarf und sind dadurch teuer und



534. Dampfsirene zu Bülk.
Nach „Handb. d. Ing.-Wissensch."

Es bedeutet:
E Schallrohr,
M Schneckenrad mit Stoßknaggen,
K Stange, welche die Welle m bewegt,
l Gegengewicht, welches die Welle m zurückbewegt,
m Welle.

dabei doch noch von unsicherer Wirkung, weil der Ton kurz ist und durch einen einzelnen Windstoß erdrückt und bei Sturm und Toben der See überhört werden kann. Kanonenschüsse würden deshalb auch nicht mehr in Gebrauch sein, wenn sie nicht die günstige Eigenschaft hätten, daß durch die Explosion die Nebelwolken plötzlich zerrissen werden und der Lichtblitz dadurch dem Seemann die Lage der Station anzeigt, auch wenn der Schuß nicht gehört wird. Als Knallzeichen ist gegenwärtig hauptsächlich die Schießbaumwolle im Gebrauch in Form von Patronen von 100 g Gewicht, die durch Zündschnur und Zündhütchen von Knallquecksilber zur Explosion gebracht werden. Am meisten werden gegenwärtig zur Ausführung von hörbaren Warnungszeichen die Nebelhörner, Dampfpfeifen und Sirenen benutzt. Das Nebelhorn, Anfang der 50er Jahre von dem Amerikaner Daboll erfunden und von Holmes verbessert, besteht aus einem 2—3 m langen, geraden kupfernen Rohr, das nach oben nach einem Viertelkreis wagerecht gebogen ist und ein klarinettenartiges Mundstück besitzt. Es wird mit gepreßter Luft von 1 bis 2 Atmosphären Spannung zum Tönen gebracht. Die Dampfpfeifen, ähnlich angeordnet wie die Pfeifen der Lokomotiven und der Dampfschiffe, werden durch Dampf von etwa 4 Atmosphären Spannung betrieben und sind bis auf nahezu 5 km hörbar; sie sind namentlich in Amerika verbreitet.

Am meisten hörbar sind die mit der Sirene der Gebrüder A. und F. Brown in New York gegebenen Zeichen. Das Schallrohr der Sirene ist nach Form und Größe dem Nebelhorn ähnlich, statt der Zunge besitzt dasselbe aber 2 durchbrochene Scheiben, von denen die eine fest ist und die andere mit großer Geschwindigkeit — 15 bis 40 Umdrehungen in der Sekunde — gedreht wird. Der gegen die Scheiben gepreßte Luftstrom wird dadurch 300—500 mal in der Sekunde unterbrochen, und es entsteht hierbei ein Ton, dessen Hörweite im günstigsten Fall 18 km beträgt; mit voller Sicherheit kann indes nur auf 5 km gerechnet werden. Die Sirenen können mit Dampf oder mit Heißluftmaschinen betrieben werden, was deren Einführung auf hochgelegenen Punkten, an denen Wasser schwierig zu beschaffen ist, sehr erleichtert hat. An der deutschen Ostseeküste sind bei Bülk in der Kieler Bucht, bei Arkona auf Rügen und bei Bischöft auf der Halbinsel Hela Nebelsignalstationen mit Sirenen errichtet worden. Die Anlagekosten der Station bei Arkona betrugen rund 82000 M., die Unterhaltung der Station erfordert jährlich rund 4000 M.

555. Kaiserkai-Speicher mit Zeitball in Hamburg.

Wenn einmal die von dem Bologneser Marconi erfundene „Telegraphie ohne Draht" so weit vervollkommnet sein wird, daß auf größere Entfernungen eine Verständigung möglich ist, werden die sich dem Lande nähernden Schiffe, bei Nebel sowohl wie bei Nacht, anstatt durch Schall- und Lichtwellen besser durch elektrische Wellen auf die gefahrdrohende Küste aufmerksam gemacht werden können.

Zeitbälle. Schon oben beim Leuchtturm von Neufahrwasser war davon die Rede, daß die dortige Zeitballstation mit dem neuerbauten Leuchtturm vereinigt worden ist. Solche Zeitballstationen werden in den Seehäfen auf hochgelegenen Stellen errichtet, um den Schiffern durch ein weithin sichtbares Zeichen die Möglichkeit zu geben, den Gang ihrer Chronometer prüfen und dieselben richtig stellen zu können. Diese Zeichen bestehen aus einem großen Ball, der auf einem Turme hochgezogen wird, um ein oder mehreremal am Tag, meistens genau um Mittag in einem Augenblick niederzufallen. Der erste Zeitball wurde im Jahre 1833 auf dem Dache der weltberühmten Sternwarte zu Greenwich aufgestellt. Vierzig Jahre später wurde von der Regierung des Deutschen Reichs die Aufstellung von Zeitbällen an der Nord- und Ostseeküste beschlossen und die Reichstelegraphen-Verwaltung mit Ausführung derselben beauftragt. In Cuxhaven

Digitized by Google

wurde im Jahre 1875 der erste deutsche Zeitball in Betrieb gesetzt. Weitere Zeitbälle wurden in Hamburg, Bremerhaven, Wilhelmshaven, Swinemünde und Neufahrwasser errichtet. Der Ball besteht aus einem mit Segeltuch überzogenen Gestell aus Eisen von ungefähr 1,5 m Durchmesser und wird kurz vor dem Zeitpunkt, zu dem er fallen soll, hochgezogen, um die Beobachtung auf das bevorstehende Fallen aufmerksam zu machen. Die Auslösung für den Fall geschieht selbstthätig auf elektrischem Wege durch eine mit größter Genauigkeit gehende Uhr. Ist der Ball nicht genau zum richtigen Zeitpunkt gefallen, oder unterbleibt das Fallen überhaupt, so wird dies den Schiffern durch

556. Wasserstandzeiger bei Brunshausen.

einen kleinen roten Ball angezeigt, der im ersten Fall bis zur vollen, im zweiten Fall bis zur halben Höhe des schwarzen Balles aufgezogen wird. Die durch das Fallen des rund 80 kg schweren Balles verursachten Stöße werden durch Gummipolster, Luftpuffer und Spiralfedern für den Turm unschädlich gemacht.

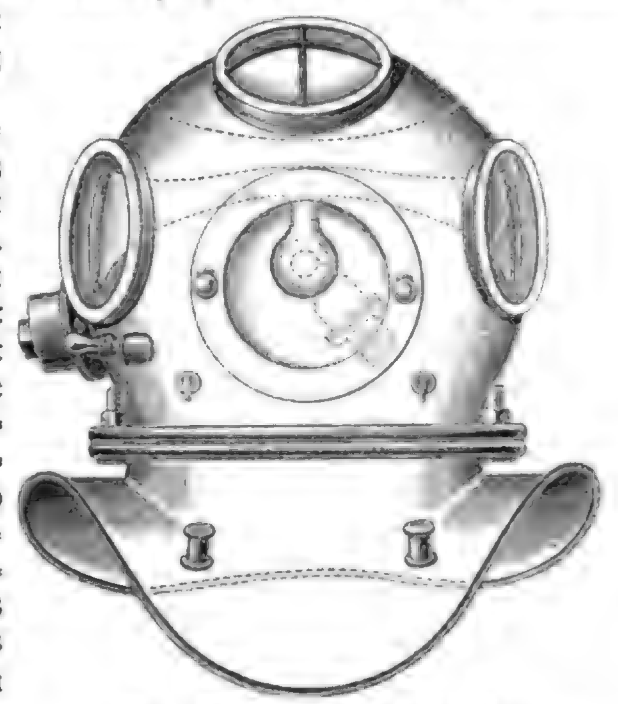
Zum Schluß dürfte der Wasserstandszeiger, wie ein solcher in Abb. 556 veranschaulicht ist, Erwähnung zu thun sein. Der Wasserstandszeiger bei Brunshausen zeigt bei Tage mittels acht Telegraphenarmen, nachts mittels acht Lichtern den jeweiligen Wasserstand auf reichlich einen Kilometer Sichtweite an, so daß die Schiffsführer erkennen können, ob sie ihre Fahrt fortsetzen können oder einen geeigneten Wasserstand abwarten müssen.

Digitized by Google

Die Taucherkunst und die Hebung und Bergung verunglückter Schiffe.

Die Taucherkunst.

Bei der vielfachen Berührung, in welche der Mensch schon frühzeitig mit dem Wasser trat, mußte der Wunsch entstehen, das Hindernis, welches dieses nicht selten den Werken von Menschenhänden bereitet, zu beseitigen. Es galt, auch den unterhalb des Wasserspiegels liegenden Raum dem Menschen zugänglich zu machen und ihn zu befähigen, in und unter dem Wasser längere Zeit verweilen zu können. Das Gebiet, auf welchem sich die Taucherkunst zu bethätigen hat, ist im Laufe der Zeit ein immer größeres geworden. Durch diesen ausgedehnteren Wirkungskreis hat naturgemäß die Ausbildung aller hierfür erforderlichen Apparate eine große Förderung erfahren. Der Taucher findet heute Verwendung bei dem Wegräumen von Pfählen, Steinen und sonstigen Hindernissen, er wird verwendet zur Ausführung von Verbolzungen und anderen unter Wasser zu beschaffenden Arbeiten, zu Untersuchungen der verschiedensten Art, bei der Wegschaffung oder Hebung gesunkener Schiffe u. s. w.



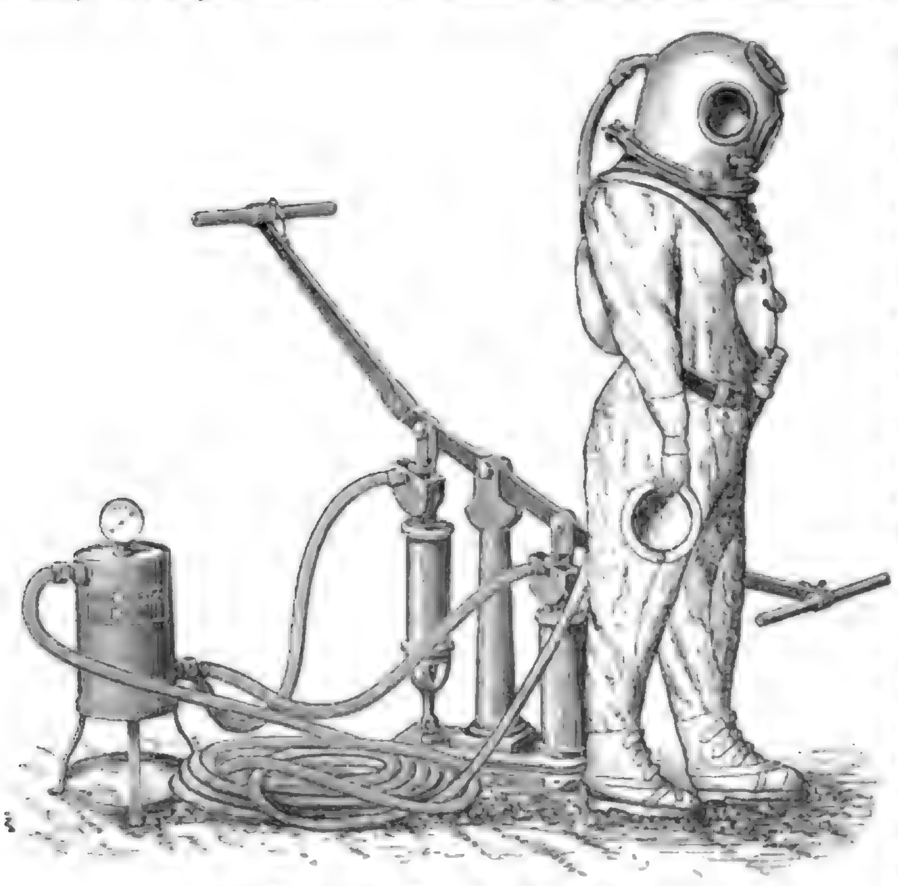
557. Taucherhelm mit Verschluß.

Um dem Menschen ein längeres Verweilen unter Wasser zu ermöglichen, muß ihm das Wasser ferngehalten und er mit frischer atmosphärischer Luft versorgt werden. Durch Übung wird es zwar dem Menschen möglich, ohne alle Hilfsmittel einige Zeit unter Wasser zu verweilen, diese Zeit ist jedoch sehr beschränkt und würde für die Beschaffung der meisten Arbeiten nicht ausreichend sein. Dieses Tauchen ohne Hilfsmittel wird namentlich bei der Perlen- und Schwammfischerei, sowie bei der Bernstein- und Korallengewinnung nutzbringend ausgeübt. Frühzeitig beginnen die Knaben dieses Gewerbe zu üben, wenn auch zunächst das Tauchen als Spielerei getrieben wird, indem die Knaben nach ins Wasser geworfenen Geldstücken tauchen, wobei sie so flink und geschickt sind, daß sie dasselbe auffangen, ehe es tiefere Regionen erreicht hat. Aber bei der größten Übung ist es nicht möglich, die Tauchzeit länger als 2 Minuten auszudehnen, und selbst diese Zeit wird nur sehr selten erreicht, im allgemeinen vermag ein geübter Taucher nicht länger als eine Minute unter Wasser zu bleiben. Zwei Umstände sind es, welche das natürliche Tauchen beeinträchtigen, der Luftmangel und der Druck, welcher sich einem etwaigen Einatmen der Luft entgegenstellt. Frühzeitig suchte man Vorkehrungen zu ersinnen, die diese Hindernisse beseitigen sollten. Ein umgestürzter Kessel, welchen der Taucher über seinen Kopf stülpte, war der erste primitive Taucherapparat, welchen bereits Aristoteles erwähnt und der sich Jahrhunderte erhielt, da noch im Jahre 1538 vor Kaiser Karl V. zu Toledo dieses Experiment ausgeführt wurde. Endlich wurde dieser Kessel durch einen viereckigen Kasten ersetzt. Mit einem solchen Kasten, der eine gewisse Ähnlichkeit mit den heutigen Taucherglocken aufwies, wurden Wertstücke der an der Westküste Schottlands untergegangenen sogenannten unüberwindlichen spanischen Flotte, der Armada, gehoben. Dem englischen Astronomen Halley (gest. 1742) gebührt das Verdienst, die erste bessere Taucherglocke konstruiert zu haben.

Eine ganz wesentliche Verbesserung erhielten die Taucherapparate einige Jahrzehnte später durch den englischen Ingenieur und früheren Mechaniker Smeaton, indem dieser der Glocke mit Hilfe einer Luftpumpe frische Luft zuführte, so daß die Taucher fortan

eine längere Zeit unter Wasser bleiben konnten, da ihre Tauchzeit nicht mehr, wie früher, von dem Verbrauch der in der Glocke aufgespeicherten Luft abhängig war. In den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts erfuhr die Taucherkunst eine abermalige bedeutende Förderung durch die Erfindung von Taucheranzügen, die ein Freitauchen ermöglichen, von welchem gegenwärtig der ausgedehnteste Gebrauch gemacht wird.

Um sich das bei den verschiedenen Taucherapparaten zur Anwendung kommende Prinzip klar zu machen, genügt es, ein Glas umgestülpt in ein Wassergefäß einzutauchen, wobei es größtenteils leer bleiben wird, weil die eingeschlossene Luft das Eindringen des Wassers unmöglich macht. Je tiefer man ein solches Glas in dem Wassergefäß hält, je mehr wächst der Wasserdruck und je mehr wird die Luft hierdurch zusammengepreßt, so daß ein immer größeres Quantum Wasser in das Glas eindringen kann. Dem in der Tiefe, in welcher der Taucher arbeitet, herrschenden Wasserdruck muß der Druck der Luft entsprechen, welche dem Taucher in der Glocke oder in dem Anzug zugeführt wird, und zwar muß der Luftdruck höher wie der Wasserdruck sein, da sonst das Wasser aus der Glocke nicht in dem erforderlichen Maß entfernt oder der Taucheranzug von dem Wasser zusammengepreßt werden würde. Der höhere Luftdruck, in welchem die Taucher beständig arbeiten müssen und der auf höchstens 3½ Atmosphären Überdruck gesteigert werden darf, erschwert das Geschäft sehr und macht es zu einem außerordentlich anstrengenden, dem nur sehr kräftige Naturen auf die Dauer gewachsen sind. Im allgemeinen muß als größte Tauchtiefe eine solche von 30 m angenommen werden.



558. Taucher im Anzuge und mit Luftpumpe.

Das Tauchen im Anzug, das sogenannte Freitauchen, überwiegt heute bedeutend, trotzdem das Tauchen mit der Glocke durch die weitgehende Ausbildung derselben als Taucherschacht, Tauchertunnel u. s. w. gleichfalls große Fortschritte aufzuweisen hat. Aus der Kopfrüstung mit Zubehör, wie sie bereits zu Halleys Zeiten zur Anwendung kam, hat sich allmählich die heutige Taucherrüstung entwickelt. Der Taucheranzug muß vollständig luftdicht sein, damit in denselben kein Wasser eindringen und umgekehrt aus ihm keine Luft entweichen kann. Mit Ausnahme des Kopfteils, des Helms (Abb. 557), besteht der Anzug aus gummierten Geweben. Der Taucher steigt zunächst in das Beinkleid und steckt dann die Arme durch die Ärmel. An den Handgelenken werden diese mit Gummiriemen zum festen Anschluß gebracht. Ist der Anzug geschlossen, so wird dem Taucher eine Brustplatte mit Halsring übergehängt, und mit diesem das Gummikleid durch Druckschrauben und Metallstreifen fest und dicht verbunden. Gegen den oberen Gummistreifen des Halsrings wird der Helm angeschraubt. Der Helm, der gewöhnlich aus Kupfer besteht, besitzt drei Öffnungen, zwei seitliche und eine vordere. Diese Öffnungen sind mit

Digitized by Google

Glas geschlossen. Das vordere Glas sitzt in einem runden, mit Gewinde versehenen Ring und wird erst kurz, bevor sich der Taucher in die Tiefe begibt, in den Helm eingeschraubt. Die Pumpe muß in diesem Moment schon in Thätigkeit gesetzt werden.

Um den Auftrieb des mit Luft gefüllten Taucheranzuges zu überwinden, genügt nicht das Gewicht des Tauchers, vielmehr muß dieser noch eine künstliche Belastung erhalten. Dieselbe besteht in den bleiernen Schuhsohlen von zusammen 20 kg Gewicht und in zwei Bleiplatten von 7 oder 10 kg Gewicht, die dem Taucher auf Brust und Rücken gehängt werden. Diese Gewichtsbelastung und ihre Anordnung hat jedoch noch einen anderen sehr tristigen Grund. Wenn irgend wer, so kann der Taucher es erfahren, daß das Gehen nur in einem abwechselnden Stützen und Fallen besteht. Legt er das Brustgewicht ab, so ist es ihm absolut unmöglich, vorwärts zu gehen. Das Rückengewicht bringt eine Neigung nach hinten hervor; beim Heben eines Fußes fällt der Körper zurück, und der Taucher ist gezwungen, zur Stützung den aufgehobenen Fuß nach hinten zu setzen: er hat einen Schritt rückwärts gemacht. Auch fühlt er sehr bald, daß zum Gehen eine gewisse Schwere nötig ist. Würde der Mensch nicht der Schwerkraft unterliegen, so würde ihm das Gehen unmöglich sein. Läßt daher der Taucher, um dem Übelstand des Rückwärtsgehens zu entrinnen, auch das Rückengewicht fort, so daß nur die schweren Bleisohlen ihn am Grund festhalten, so kann er wiederum nicht gehen, denn wenn er auch einen Fuß hebt, er mag sich abmühen, wie er will, er gewinnt keinen Schritt, da sein Körper nicht nach vorn, aber auch nicht nach hinten fällt. Sein ganzes Arbeiten ist ein abwechselndes Heben und Senken der Beine, ohne von der Stelle zu kommen.

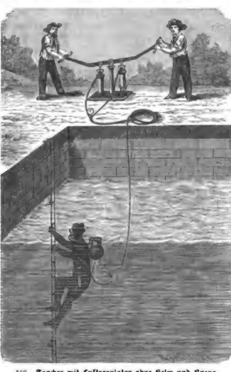
559. Amerikanische Taucherausrüstung.

Die ganze Belastung des Tauchers wiegt etwa 40 kg, zieht ihn also rasch an den Grund. An seinem Anzuge ist eine Leine befestigt, die ein Gehilfe in den Händen behält und so weit anspannt, daß der Taucher sowohl eine Führung hat, als auch durch einen oder mehrere Rucke Signale geben kann. Die Leine dient schließlich zum Wiederemporziehen des Tauchers; sie ist, nach Art der Lotleine, von je 2 zu 2 m mit verschiedenartigen Marken versehen, um leicht die Tiefe ablesen zu können. Die zur Zeit gültigen Signale sind: ein Zug: alles wohl, zwei Züge: mehr Luft, drei Züge: zu viel Luft, vier Züge: holt mich herauf, fünf Züge: ich will mit dem Sprachrohr sprechen. Für die Bedienung dieses erst in späterer Zeit eingeführten Hilfsmittels ist ein Gehilfe angestellt, der gleichzeitig den Luftschlauch in Ordnung hält und ihn leitet, wenn der Taucher seinen Ort verändert, auch für richtigen Druck unter Beobachtung des am Luftschlauch befindlichen Manometers (Druckmessers) sorgt, so daß mit den zwei an der Pumpe arbeitenden Leuten drei Mann zur Bedienung eines modernen Taucherapparates erforderlich sind. Der Ort des Tauchers wird stets deutlich erkannt durch eine Menge aufsteigender Luftbläschen. Der luftbringende Schlauch hat seinen Ansatz am Hinterteile des Helms; durch ihn tritt ein beständiger Luftstrom ein. Für den Wiederaustritt muß gleichfalls gesorgt werden, hierfür findet sich an der Vorderseite ein Ventil, das der Taucher weiter und enger stellen kann. Die ausgeatmete Luft passiert eine Menge feiner Löcher; sowohl hierdurch als durch den Druck, den die Luft selbst nach außen übt, wird dem Eindringen von Wasser vorgebeugt.

Derartige Taucher arbeiten gewöhnlich paarweise und abwechselnd, eine einzelne Tauchung dauert durchschnittlich eine halbe Stunde, auf sie folgt eine längere Ruhepause, so daß ein Taucher bei schönem Wetter etwa 7 bis 8 Fahrten in einem Tage macht.

Außer diesem gewöhnlichen Apparat sind noch allerlei verwickeltere erdacht worden, durch welche der Taucher von der Oberwelt noch unabhängiger gemacht wird und gleich

einen Vorrat von Luft — in gepreßtem Zustande natürlich — mit unter Wasser nehmen kann. Der Luftbehälter wird dann gleich einem Tornister auf dem Rücken getragen und gibt so viel Luft an den Helm ab, als der Taucher mittels eines Ventils herausläßt. Das Ausgeatmete tritt dann durch ein besonderes Ventil ins Wasser. Solcher Art ist der von Sicard erfundene Apparat, dessen Grundidee nicht neu ist, denn es ist bekannt, daß schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts zu Breslau ein Taucher mit einem Gefäß gepreßter Luft auf dem Rücken unter Wasser ging. Die Schwierigkeit indessen liegt hier wieder in dem allzugeringen Ausgleichungsvermögen der menschlichen Brust, welche schon bei einem Überdruck von 1 m ihre Thätigkeit versagt. Am längsten hielt sich der sogenannte Scaphanderapparat im Gebrauch, welcher dem eben beschriebenen ähnlich war und nur in einem mit einem metallenen Helm versehenen luftdichten Anzuge bestand, der von oben mit Luft gefüllt wurde. Mit diesem Apparate gingen die Taucher der englischen Admiralität bis zu 41 m Tiefe hinab, trotz der geschilderten Unzuträglichkeiten und trotz des Umstandes, daß der Taucher jeden Pumpenhub fühlte.

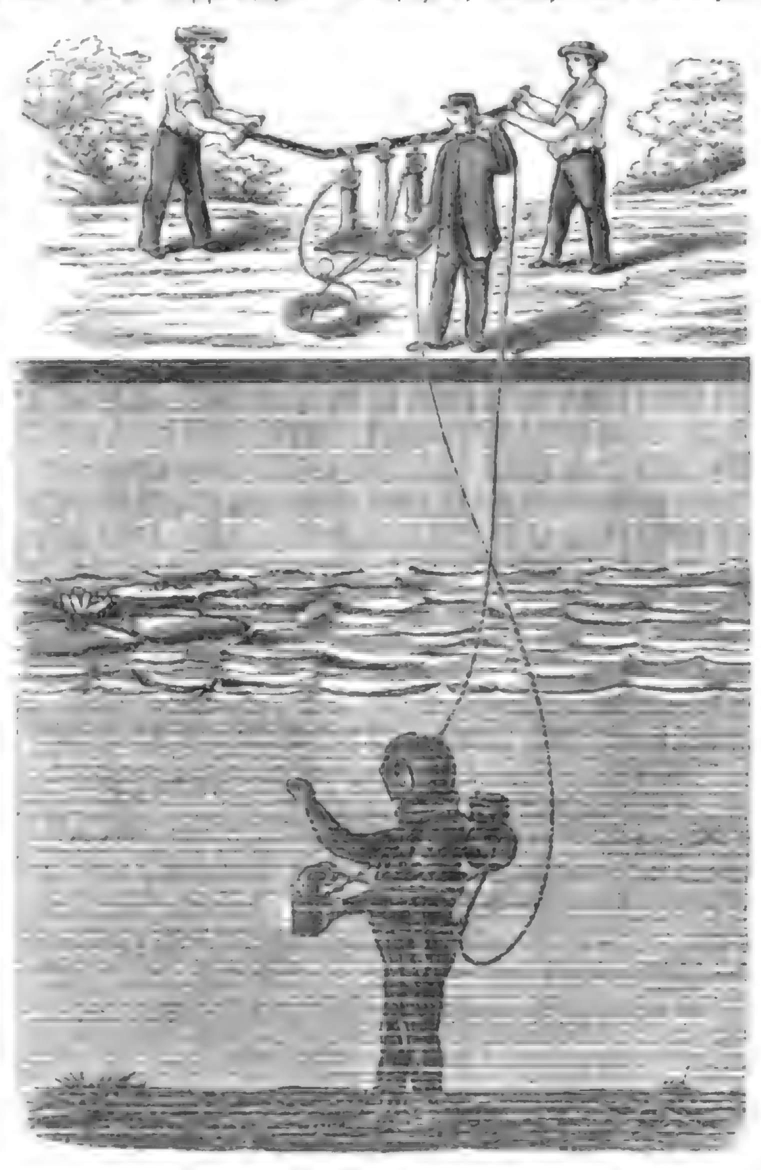


560. Taucher mit Luftregulator ohne Helm und Anzug, sogenannter Nackttaucher.
Nach L. von Bremen & Co. in Kiel.

Es ist daher als ein ganz außerordentlicher Fortschritt auf dem Gebiete des Taucherwesens zu bezeichnen, daß 1865 die beiden Franzosen Rouquayrol und Denayrouze eine Vorrichtung zur Anwendung brachten, welche den Druck der eingeatmeten Luft nicht nur genau der jedesmaligen Tiefe anzupassen im stande ist, sondern auch trotzdem dem Taucher gestattet, zu atmen, wann er will, so daß er nicht durch übermäßige Zuströmung der Luft belästigt werden kann. Zunächst wird die Luft in einen quer auf dem Rücken des Tauchers befindlichen Cylinder, den Behälter, gepreßt, welcher, aus Stahlblech gefertigt, auf einen sehr hohen Druck geprüft ist. Dieser Cylinder trägt einen über ihm befindlichen anderen, weiten und niedrigen Cylinder, den Regulator, mit welchem er durch eine kleine Öffnung verbunden ist, die durch ein sich nach unten öffnendes Ventil verschlossen ist. Der Regulator ist durch eine bewegliche Platte abgeschlossen, welche sich etwas auf und nieder bewegen kann. Dieselbe ist mit dem genannten Ventil fest verbunden, so also, daß sich dieses öffnet, wenn die Platte sich senkt. Wird dieser ganze Apparat nun, auf dem Rücken des Tauchers tornisterartig befestigt, unter Wasser gebracht, so strebt dieses die Decke des Regulators herunterzupressen, während die in den Cylinder von obenher mit Hilfe eines Schlauches eingepreßte Luft, solange das Ventil geöffnet ist, die entgegengesetzte Wirkung äußert. Wird daher der Druck in dem Regulator so groß, daß er dem äußeren Wasserdruck entspricht, so ist Gleichgewicht vorhanden, und bei

Digitized by Google

einem geringen Überdruck weicht die Decke nach außen zurück und schließt das Ventil. Es befindet sich also im Regulator immer Luft von einer nur ganz wenig höheren Spannung, als es der Tiefe entspricht. Nun ist der Saugeschlauch, welcher zum Munde des Tauchers führt, nach diesem Behälter geleitet. Bei jedem Atemzuge verdünnt sich die Luft im Regulator, die Decke wird durch den äußeren Wasserdruck gesenkt, das Ventil zum Behälter öffnet sich und der Regulator erhält wieder so viel Luft, bis diese den Deckel dem äußeren Wasserdruck gegenüber zu heben und so das Ventil zu schließen im stande ist. Der Saugeschlauch ist mit einer Lippenscheibe versehen, welche der Taucher zwischen Lippe und Zähne nimmt, sowie mit zwei Gebißläppchen, mit Hilfe welcher er vom Taucher festgehalten werden kann. Außerdem befindet sich am Saugeschlauch ein nach oben gehendes sehr weiches, flaches Gummirohr, welches für gewöhnlich durch den Druck des Wassers zusammengepreßt wird, also gegen Einströmung geschlossen ist. Dagegen öffnet es sich, sobald Luft von innen eingeblasen wird. Dies geschieht nun durch das Ausatmen. Jenes weiche, flache Rohr dient als Atmungsventil und zeigt durch die von jedem Atemzuge ausströmende Luft, welche in Bläschen in die Höhe steigt, die Stelle an, wo sich der Taucher befindet.



561. Taucher mit Luftregulator und Vorrichtung zum Sprechen und Hören sowie unterseeischer Lampe.
Nach L. von Bremen & Co. in Kiel.

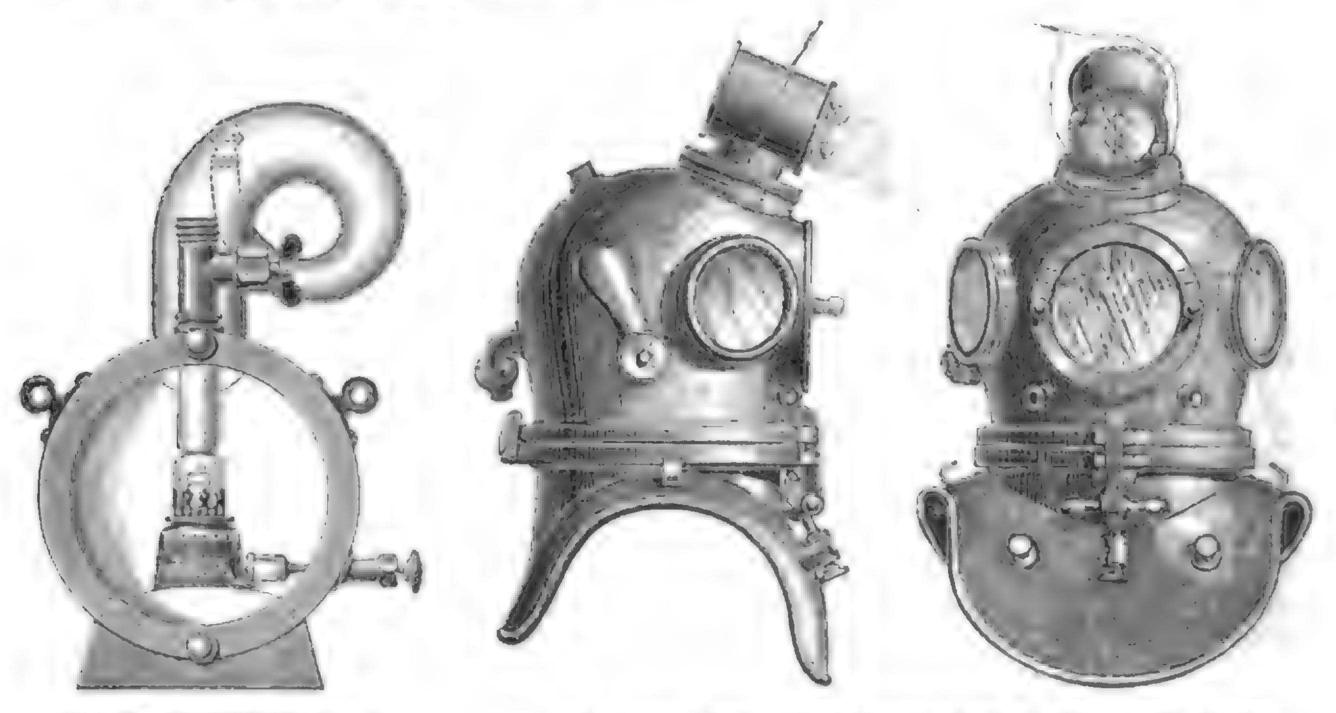
Durch verschiedene Handhabung des soeben beschriebenen Apparats kann sich nun der Taucher innerhalb gewisser Grenzen selbständig bewegen. Zunächst kann er, anstatt durch den Saugeschlauch auszuatmen, die Luft durch die Nase von sich geben, so daß diese in den Anzug ausströmt. Derselbe füllt sich dann mit Luft, und der Taucher schwimmt, wenn er sich ins Wasser wirft, wie ein Kork, was oft außerordentlich possierlich aussieht, zumal naturgemäß alle Bewegungen, die er in dieser Lage ausführen kann, plump und täppisch sind. Nunmehr öffnet er einen oben am Helm befindlichen Hahn, durch welchen die Luft ausströmt. Der Anzug entleert sich also, schmiegt sich zunächst an den Beinen an, diese sinken, und langsam folgt der Oberkörper nach. Unten angelangt, nimmt der Taucher eine aufrechte Stellung ein. Die schweren Bleisohlen halten die Füße auf dem Grund fest; außerdem sorgt ein Brust- und ein Rückengewicht für anderweitigen Ausgleich des durch den umfangreichen Helm hervorgebrachten großen Auftriebes.

Das Aufblasen kann zweckmäßiger durch Öffnung eines zweiten Hahnes erfolgen, welcher Luft aus dem Behälter in den Anzug strömen läßt. Dies hat den großen Vorteil, daß der Taucher auch aus dem Anzuge atmen kann. Endlich kann das Aufsteigen im

Fall der Not auch durch Abwerfen der Bleisohlen erfolgen, die bei manchen Anzügen (nicht bei allen) dazu eingerichtet sind. Der Auftrieb des Körpers und Helmes genügt, trotz der anderen Gewichte, den Taucher zu heben, was dann in der Regel in wagerechter Lage geschieht.

Man hat den Taucher auch unabhängig vom Boot und der Luftpumpe gemacht, indem man den Behälter vergrößerte und mit stark gepreßter Luft füllte. Da der Regulator in der oben beschriebenen Weise stets für eine richtige Spannung der Luft im Atmungsschlauche sorgt, so muß ein solcher Apparat so lange wirken, als die Spannung in dem Behälter größer ist, als es der betreffenden Tiefe entspricht. In der Regel soll der Apparat Luft für eine Stunde Aufenthalt unter Wasser fassen können.

Abb. 559 zeigt eine amerikanische Taucherausrüstung, welche ganz ähnliche Bestandteile aufweist. Der Luftbehälter A ist durch das mit einem Ventil versehene Rohr B mit dem Helm des Tauchers verbunden, bei C entweicht die ausgeatmete Luft. DD sind hohle Kautschukkissen, welche durch die Ventilröhren EH aus dem Luftbehälter gefüllt werden können und dann wie eine Fischblase wirken. Die Entleerung kann durch das Ventil K erfolgen. Das Tauchen mit einem solchen Luftvorrat ist besonders dann am Platze, wenn es gilt, ein gesunkenes Schiff auszuräumen, da es begreiflicherweise für den gewöhnlichen Taucher ein zu großes Wagnis wäre, sich in den Räumlichkeiten des Schiffes herumzutasten, während seine Existenz an den mitgeschleppten Luftschlauch und dessen gute Erhaltung geknüpft ist.



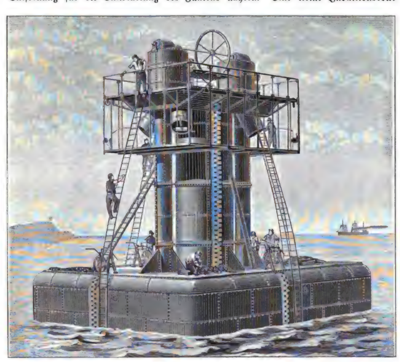
562. Unterseeische Petroleumlampe.

563 u. 564. Marcilhacys Taucherhelm mit elektrischer Lampe. Nach „Engineering“.

Endlich können kürzere Fahrten auch ohne Helm und Anzug, also nur mit dem oben beschriebenen Luftbehälter nebst Regulator, geschehen, wofür ein besonderes längeres Luftsaugrohr vorhanden ist, dessen Ende ebenfalls in den Mund genommen wird, während eine biegsame Kautschukplatte die Mundgegend bedeckt und vom Wasser angedrückt wird. Hierzu kommt dann als notwendiges Stück noch eine Nasenquetsche, um das Eindringen von Wasser in die Nase zu verhüten. Diese Art des Tauchens ist insbesondere in heißen Gegenden im Gebrauch (Abb. 560).

Für eine beständige Verbesserung und Weiterbildung aller für die Taucherei erforderlichen Apparate und Hilfsmittel ist in Deutschland seit Jahren die Firma L. von Bremen & Co. in Kiel in hervorragender Weise thätig. Dieselbe hat unter anderem das Telephon in den Dienst des Tauchers gestellt, sowie auch eine unterseeische Lampe konstruiert. Dieselbe besteht aus einer Petroleumlampe mit künstlicher,

stetiger Luftzuführung in der in Abb. 562 dargestellten Art und Weise. Auch elektrische Laternen werden vielfach benutzt. Bereits 1875 verwandte **Applegarth** bei den Arbeiten an dem gescheiterten Kriegsschiff „Vanguard“ derartige Lampen, deren Speisung durch eine Batterie erfolgte, die in einem Boote untergebracht war. Dieser erste Versuch fiel jedoch sehr unbefriedigend aus. Auf der Wiener Weltausstellung führte die Firma Heinke & Davis in London eine Lampe vor, bei welcher in einem Glascylinder Elektromagnete und ein Hebelwerk angebracht waren; der elektrische Strom zieht eine Armatur aus weichem Eisen so an, daß die Kohlenspitzen sich bis zu der notwendigen Entfernung für die Entwickelung des Funkens nähern. Eine kleine Induktionsrolle



565. Hersents Taucherschacht. Nach „Scientific American“.

dient dazu, die Thätigkeit der Hebel zu hemmen. Bevor man die Lampe gebraucht, wird die Luft aus dem Cylinder getrieben, so daß das Licht in einem luftleeren Raume brennt.

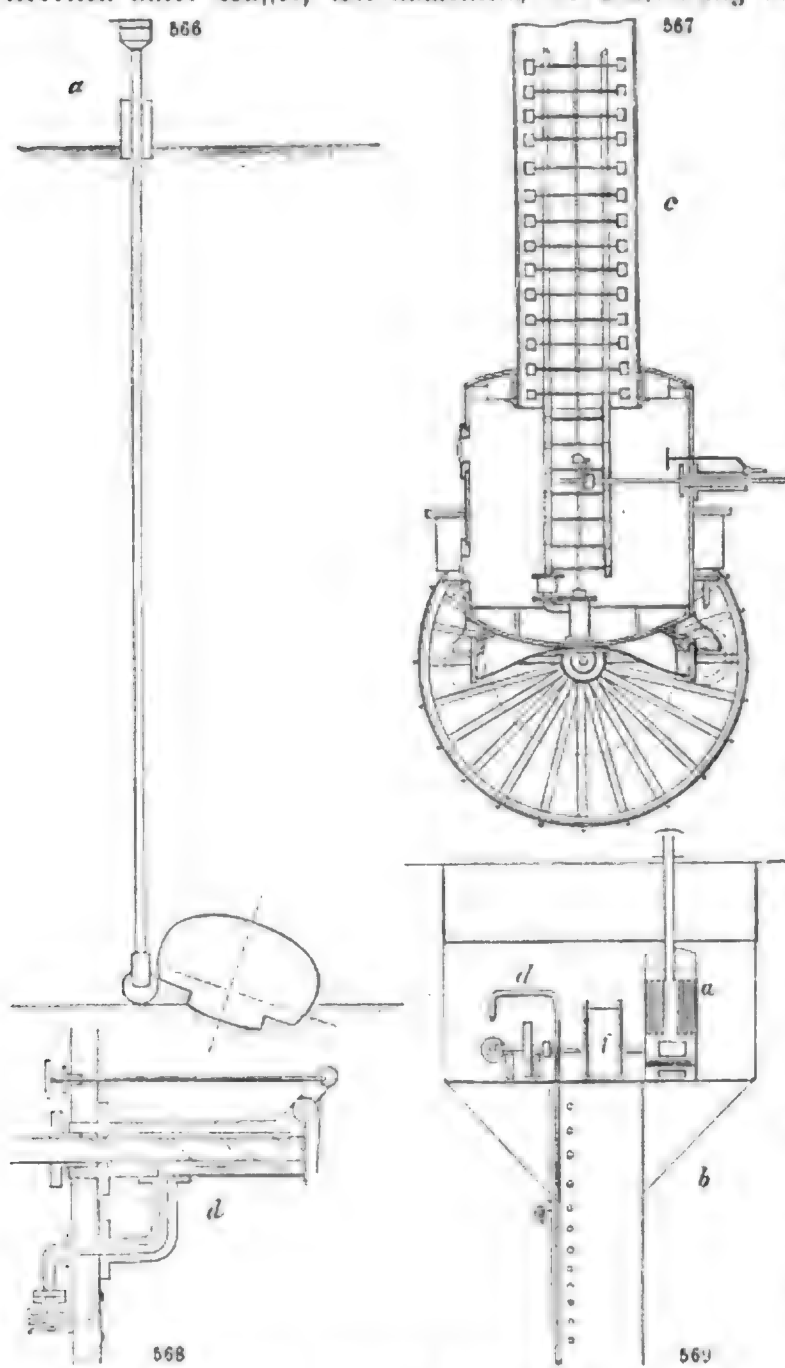
Der **Marcilhacy** in Paris patentierte Beleuchtungsapparat besteht in einer Glühlampe, die in einen Cylinder eingebaut ist, der an Stelle der oberen Glasplatte direkt an den Helm angeschraubt wird (Abb. 563 u. 564).

Taucherglocken, Taucherschachte und Tauchertunnel. Die ältesten Taucherglocken waren von Holz, sie wurden mit Gewichten beschwert, um den Auftrieb aufzuheben, und die darin befindlichen Personen waren hinsichtlich ihres Bedarfs an frischer Luft zuerst ausschließlich auf die Luft in der Glocke und später auf Gefäße angewiesen, die neben der Glocke hinabgelassen und mit deren innerem Raum durch Schläuche in Verbindung gebracht wurden. Um die Luft in die Taucherglocke über-

Digitized by Google

zuführen, öffnete man einen Hahn und ließ die durch das Wasser verdrängte Luft durch den ebenfalls geöffneten Verbindungsschlauch in das Glockeninnere eintreten. Diese Art der Luftzuführung war sehr umständlich, und der Apparat erfuhr dadurch eine wesentliche Verbesserung, daß man die Luft mittels einer Pumpe durch einen Schlauch direkt in die Glocke einführte, die benutzte Luft entweicht hierbei durch ein Ventil.

Im Jahre 1845 schaffte die Stadt Hamburg für die vielfach auszuführenden Arbeiten unter Wasser, wie namentlich die Entfernung von Pfahlstummeln und Steinen aus dem Fahrwasser, eine Taucherglocke an. Die Glocke, die auf einem für diesen speziellen Zweck erbauten Fahrzeug untergebracht ist, besteht aus Gußeisen, im Inneren mißt sie 1,25 resp. 1,75 m, die Höhe beträgt 2 m. In derselben können zwei Arbeiter Platz finden und sich so bewegen, daß sie ihre Werkzeuge benutzen können. Die Versorgung der Glocke mit frischer Luft erfolgt in derselben Weise, wie solche für die Taucherapparate üblich ist, d. h. durch einen Schlauch und mittels einer Luftpumpe. Auch für die Signale zur Verständigung zwischen den in der Glocke befindlichen Arbeitern und der Deckmannschaft sind, wie im allgemeinen üblich, Zeichen im Gebrauche. Diese Signale bestehen in Schlägen mit dem Hammer gegen die Glockenwandung. Auf dem Deck des Fahrzeuges befinden sich mehrere Winden. Die größere dient zum Senken und Heben der Glocke und der an diese etwa gehängten Gegenstände, die zweite wird zum Heben von Gegenständen benutzt, die von den Arbeitern am Grunde an das Windetau befestigt werden. Die Benutzung der Glocke erfolgt in der Weise, daß die Taucher in einem Boot unter die Glocke fahren und in diese einsteigen, und zwar sind im Inneren zwei Bänke angebracht. Das Boot wird nun entfernt und die Glocke ins Wasser hinabgelassen. Durch Hin- und Herfahren suchen die Taucher die Stelle auf, an welcher sich das zu entfernende Hindernis befindet. Wenn sie die richtige Stelle gefunden haben, so lassen sie die Glocke bis nahe auf den Boden senken und beginnen die Arbeit.

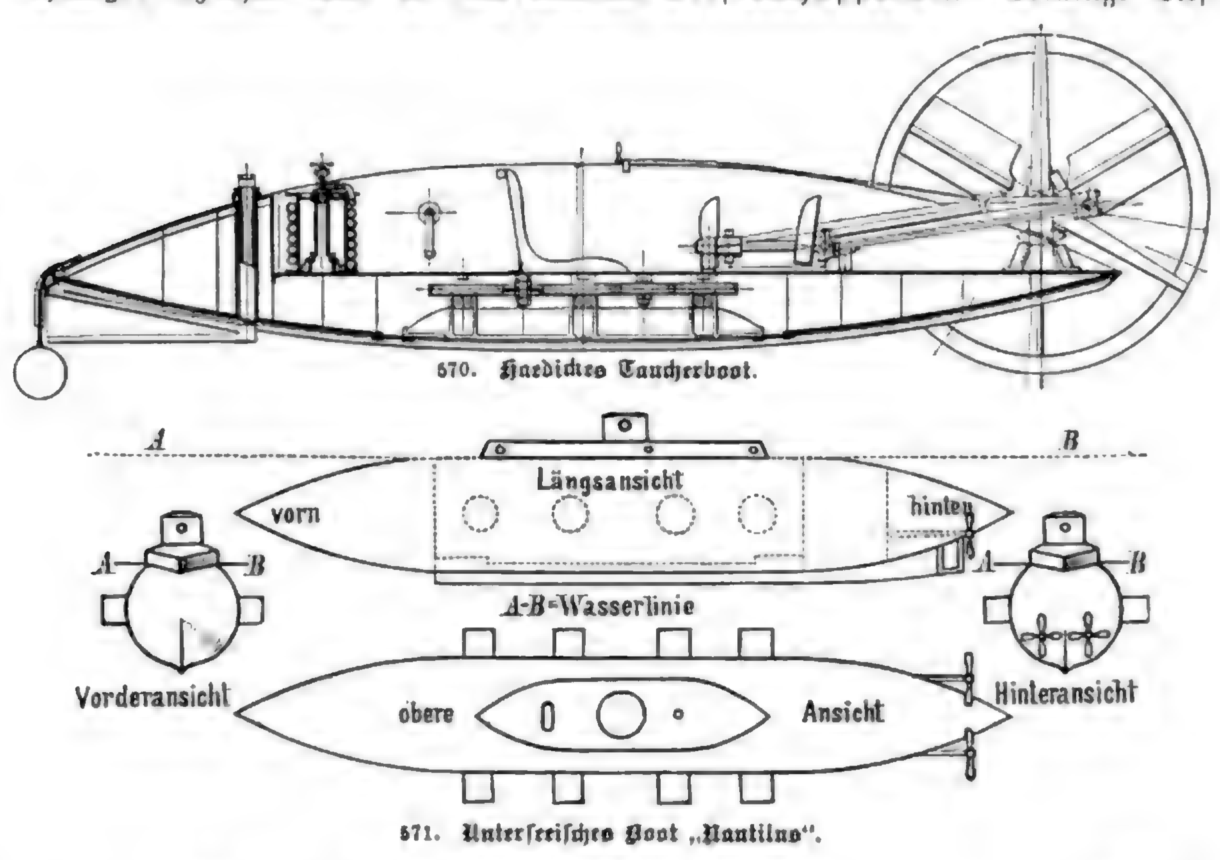


566 bis 569. Hardichers Tieftauchapparat.

Die Taucherglocken sind durch die Erfindung der Taucherschachte ziemlich in den Hintergrund gedrängt. Zuerst hat der französische Ingenieur Colomb (1778) einen

solchen Schacht in Vorschlag gebracht, doch wurde erst 60 Jahre später eine solche Vorrichtung bei der Sprengung von Felsen neben der Loire-Mündung angewandt. Die Taucherschachte haben vor den Glocken den Vorzug, daß sie stets von oben zugänglich sind und daß sie, weil geräumiger, eine größere Leistungsfähigkeit besitzen. In den Abbildungen S. 436 u. 437 ist ein Taucherschacht dargestellt. Die Taucherschachte sind meist in Schiffen eingebaut und immerhin nur für mäßige Wassertiefen verwendbar. Um größere Tiefen erreichen zu können, hat Hersent 1879 für den Brester Hafen einen Schacht konstruiert, mit welchem eine Tiefe von 12 m erreicht werden kann. Der obere Teil dieses Schachtes ist in Abb. 565 wiedergegeben.

Da die Taucherarbeit im Anzuge bei Tiefen von über 30 m, wie schon oben angeführt wurde, sehr anstrengend oder überhaupt nicht ausführbar ist, so waren die Erfinder bemüht, Vorkehrungen zu ersinnen, welche diesem Übelstande abhelfen. Diese Vorrichtungen bezeichnet man mit dem Ausdruck **Tieftauchapparate**. Derartige Tief-



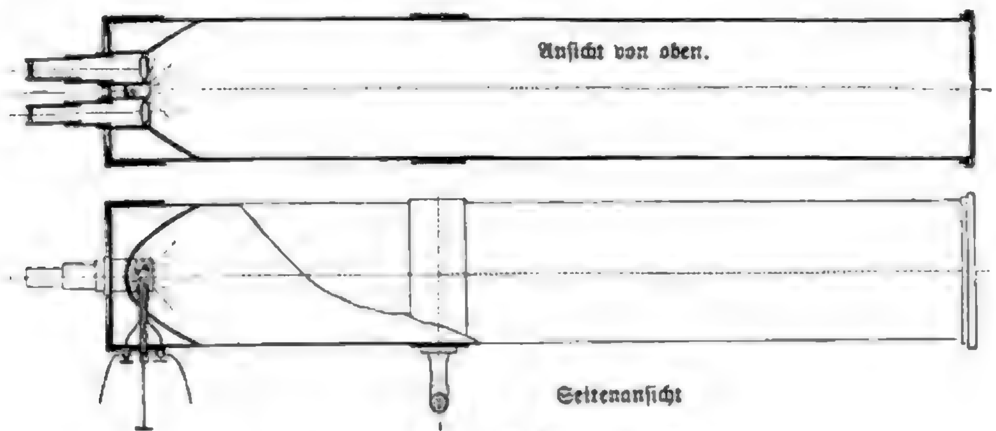
570. Haedickes Taucherboot.

571. Unterseeisches Boot „Nautilus“.

tauchapparate stehen durch ein Rohr mit der freien Luft in Verbindung. Die Abb. 566 bis 569 zeigen den von Haedicke entworfenen Apparat. Derselbe besteht aus dem stets über Wasser befindlichen Kopfe (Abb. 566) und dem Arbeitskasten, welcher auf Rädern auf dem Meeresgrund ruht; beide sind (Abb. 568) durch das entsprechend kräftige Steigerohr verbunden. Die aufrechte Lage wird durch einen Schwimmkasten gesichert, welcher das Steigerohr unter dem Kopfe (Abb. 567) umgibt und bei Strömungen verankert werden muß. Im Kopfe (Abb. 569) befindet sich die Maschine (a) zur Lüftung und zum Auspumpen des Wassers (d), die Drehung der Fußräder geschieht durch Einlassen von Wasser in die Triebcylinder. Die Bewegung ist jedoch nur innerhalb geringer Grenzen ausführbar. An verschiedenen Stellen des Apparates sind starke Gläser angebracht, je zwei übereinander, von denen das eine für die Lampe, das andere zum Sehen dient. Alle Arbeiten, die vom Schachte aus ausgeführt werden sollen, können nur künstlich durch Stopfbüchsen (Abb. 569) erfolgen, eine Arbeitsweise, die ebenso schwierig wie unsicher ist.

An dieser Stelle ist sodann der **Taucherboote** Erwähnung zu thun. Diese Taucherboote gestatten auf Stunden hinaus eine selbständige freie Bewegung eines Menschen unter Wasser. Abb. 570 zeigt das Haedickesche Taucherboot, das durch Treten

bewegt wird. Der Treiber besteht in einem Schaufelräderpaar, bei welchem die Flügel drehbar angeordnet sind und sich von selbst rechtzeitig quer und längs stellen, so daß sie nur in einem Sinne treibend wirken. Der Taucher hat den uns bereits bekannten Taucheranzug an und erhält seine Luft aus dem Boote selbst, welches mit solcher von hoher Spannung gefüllt ist. Dieselbe durchströmt eine Schlauchtrommel, so daß der Taucher sich von dem vorher von ihm verankerten Boote entfernen kann, soweit der Schlauch reicht. Das Boot besitzt ferner einen beweglichen Boden, welcher mit Hilfe einer kräftigen Übersetzung aus- und eingedrückt werden kann, wodurch sich das Boot hebt oder senkt. Diese Bauart wurde später umgestaltet. Statt des beweglichen Bodens wurde eine Pumpe angebracht, mit deren Hilfe Wasser eingepumpt werden kann, so daß die Senkung auf diesem Wege erfolgt. Da das Boot mit gepreßter Luft gefüllt ist, deren Spannung den äußeren Wasserdruck übersteigt, so genügt das Öffnen eines Hahnes, um Wasser auszupressen, das Boot also zum Steigen zu bringen. Diese Einrichtung hat indessen wieder den Nachteil, daß der Taucher gegen das Ende seines Aufenthalts Gefahr läuft, nicht mehr genügend Pressung zu haben, vielleicht also hilflos unten bleiben oder das Boot im Stiche lassen muß, um sich auf die uns bekannte Weise nach oben zu flüchten.



572 u. 573. Haedickes Submarinegucker.

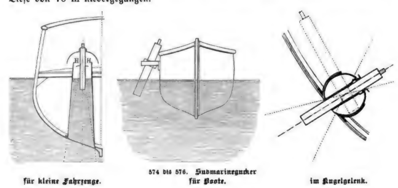
In neuester Zeit sind derartige Boote wiederholt zur Ausführung gekommen. So fand Mitte Dezember des Jahres 1886 in den Tilbury Docks bei London eine Versuchsfahrt mit dem von Fletcher Son & Farnell erbauten unterseeischen Boote „Nautilus“ (Abb. 571) statt. Dasselbe ist 18,3 m lang, hat 2,4 m Durchmesser, ist cylindrisch mit spitzen Enden und für den Druck von 15 m Wassersäule gebaut. Die Änderung des Tiefgangs wird auch hierbei durch Änderung des Eigenvolumens bewirkt. Indessen sind statt des beweglichen Bodens an jeder Seite vier in Stopfbüchsen laufende Kolben angebracht, welche von Hand oder durch Maschinenkraft aus- und eingeschoben werden können. Die bewegende Kraft, vier Pferdestärken, welche durch 140 galvanische Elemente geliefert werden, treibt durch Vermittelung einer Dynamomaschine zwei Schrauben. Das Boot ist für die gewöhnliche Fahrt bis zur Linie A B versenkt und erhält sich in derselben leicht durch ein Flachsteuer (in der Abbildung nicht angegeben). Es ragt alsdann nur der Kommandoturm hervor. Die Besatzung besteht aus sechs Mann, welche nach den bisherigen Versuchen mit der vorhandenen Luft zwei Stunden lang ausreichen. Das Boot ist hiernach weniger, wie das von Haedicke gebaute, für längere Untersuchungsfahrten eines einzelnen unter Wasser, als für kürzere Ausfahrten, bei welchen die Hilfe mehrerer in Anspruch genommen wird, geeignet.

In neuerer Zeit sind sowohl in Spanien wie in Frankreich wiederholt Versuche mit Unterseebooten angestellt worden. Den Erfindern ist fraglos auf diesem Gebiete noch ein reiches Feld zu ihrer Bethätigung gegeben.

Während das Taucherboot die Untersuchung der Arbeiten unter Wasser gestattet, macht es der in der Abb. 572 bis 576 dargestellte Submarinegucker möglich, die Arbeiten von oben her zu beaufsichtigen. Der Grund, weshalb man nur selten bis tief in das

Wasser sehen kann, liegt, abgesehen von einer etwaigen Unklarheit desselben, in dem Reflex der unruhigen Oberfläche. Bei ruhiger Luft und hellem Wetter kann man oft tief auf den Grund der See sehen. Aber schon wenn die Sonne niedrig steht, ist dies schwer, weil dann oft der Reflex die Lichtstrahlen ins Auge wirft. Alles dies ist durch eine Vorrichtung vermieden, welche in einfachster Form schon vor langer Zeit von den Schwammfischern im Mittelmeer benutzt worden ist. Dieselbe besteht aus einem weiten Cylinder mit einem Glasboden, welcher, den Boden nach unten, in das Wasser getaucht wird. Nunmehr dringt der Blick frei in das Wasser und reicht so tief, wie es den Beleuchtungsverhältnissen und der Klarheit des Wassers entspricht. Um jedoch auch hierin unabhängiger zu sein, hat Haedicke noch einen Reflektor angebracht, durch dessen Boden ein Doppelglas reicht, so daß die Kraft des Auges und die Beleuchtung verstärkt wird.

Die vollkommenste aller Leistungen dieser Art ist der von Toselli erbaute Taucherapparat Neptun, der zur Erreichung bedeutender Seetiefen (geplant ist, bis zu 1000 m) bestimmt ist. Mit diesem Apparat sollen Sondierungen beim Bau von Leuchttürmen und Hafenanlagen, die Beförderung von Torpedos und ähnliche Arbeiten und Untersuchungen bewerkstelligt werden. Bereits vor Jahren ist Toselli bis zu einer Tiefe von 70 m niedergegangen.



574 bis 576. Submarinegucker für kleine Fahrzeuge. für Boote. im Kugelgelenk.

Das Verdrängen des Wassers durch Luft findet jedoch nicht nur für Arbeiten unter Wasser, sondern auch für Arbeiten in Bodenarten, welche stark mit Wasser durchsetzt sind, Anwendung. Man bezeichnet diese Arbeitsweise als pneumatische. Von ihr wird sowohl im Wasser- wie im Tunnelbau ein sehr ausgedehnter Gebrauch gemacht. Die Abb. 542 (Abschnitt „Schiffahrtszeichen“) gibt eine Darstellung der hierbei zur Anwendung kommenden Vorrichtungen.

Im Tunnelbau erweist sich die pneumatische Arbeitsmethode nicht selten als der letzte Rettungsanker, wenn alle anderen Hilfsmittel versagen. Namentlich bei den unter Wasser durchzuführenden Tunneln hat man verschiedentlich nur mit Hilfe des Luftdruckes die Aufgabe zu einem glücklichen Ende führen können. Die Tafel zeigt den Bauvorgang bei Herstellung eines Tunnels.

Am Ende des Tunnels wird ein sogenanntes Schild eingebaut, welches die Stirnfläche eines dahinter liegenden Cylinders bildet. Dieser hinter dem Schild liegende Raum wird mit Druckluft gefüllt, wodurch der Eintritt des Wassers beim Öffnen des Schildes, um den davor liegenden Boden zu entfernen, verhindert wird. Durch hydraulische Pressen wird das Schild vorwärts getrieben. Die Verbindung zwischen dem unter Druckluft stehenden Teil und dem hinteren fertigen Tunnel erfolgt wie bei jeder pneumatischen Fundierung durch Luftschleusen, durch welche die Arbeiter und ebenso die Materialien hindurch müssen.

Digitized by Google

577. Umgefallenes Schiff im Hamburger Hafen.

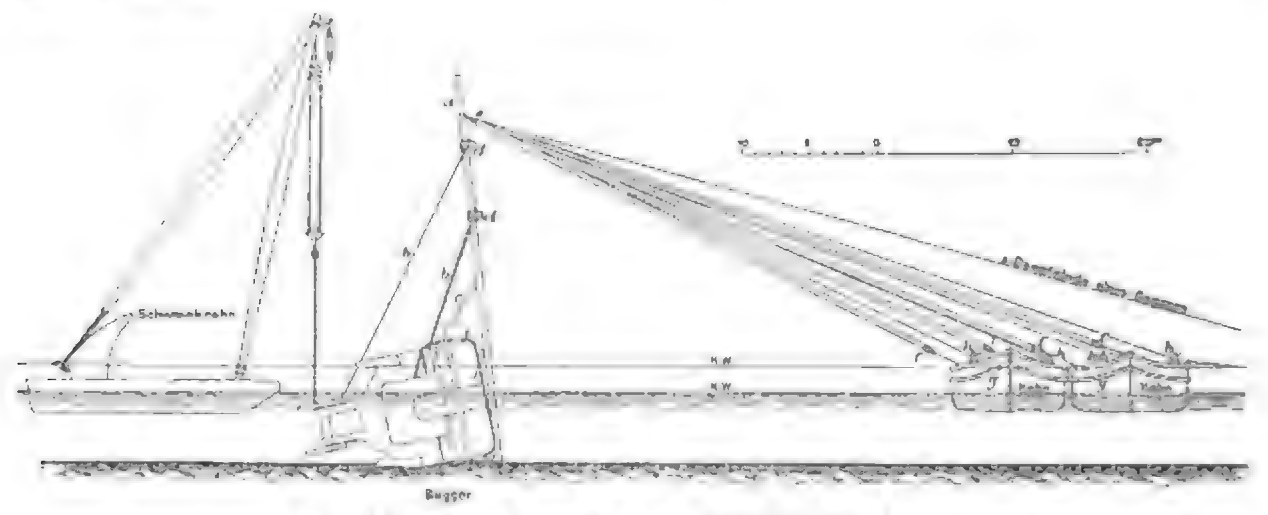
Digitized by Google

578. Aufrichten eines umgefallenen Schiffes im Kaiser Wilhelm-Kanal. September 1896. Nach „Mutter Erde“.

Digitized by Google

Das Heben und Bergen verunglückter Schiffe.

Die regelmäßig auftretenden Stürme bereiten alljährlich einer großen Anzahl Schiffe den Untergang. Findet dieses Ereignis in der Nähe der Küste statt oder innerhalb einer Schiffahrtsstraße infolge elementarer Ereignisse oder durch einen Zusammenstoß, so bildet das gestrandete oder gesunkene Fahrzeug nicht selten ein großes Hindernis, dessen Beseitigung nötig wird. Die zum Heben eines gesunkenen Schiffes dienenden Mittel haben bereits eine solche Ausbildung erlangt, daß in zahlreichen Fällen noch eine Lösung der Aufgabe möglich sein würde, wenn hierbei nicht die Kostenfrage die ausschlaggebende wäre. Für die Hebung gesunkener Schiffe kommen, abgesehen von ganz bestimmten Fällen, zwei Methoden zur Anwendung und zwar entweder das Aufwinden mittels Kräne und Winden oder die Benutzung des Auftriebes, wasserdicht abgeschlossener und leergepumpter Pontons, von Luftsäcken u. s. w. Von dem letzteren Mittel hat zuerst der Submarineingenieur Bauer Gebrauch gemacht, und als die erste gelungene Hebung eines größeren Schiffes ist die des Dampfers „Ludwig“ durch Bauer zu bezeichnen. Bauer befestigte mit Hilfe des Tauchers eine große Zahl von Ballons mittels starker Haken, welche in die Seitenluken des Schiffes gebracht wurden, an das Schiff, pumpte dann Luft in diese und hob das Schiff auf. Nachdem ihn eine Sturmnacht um die Früchte dieser ersten Arbeit gebracht hatte, wiederholte er die Hebung im Sommer 1864. Es glückte ihm, das Schiff abermals hoch zu bringen, worauf er es auf die schweizerische Küste schleppte.

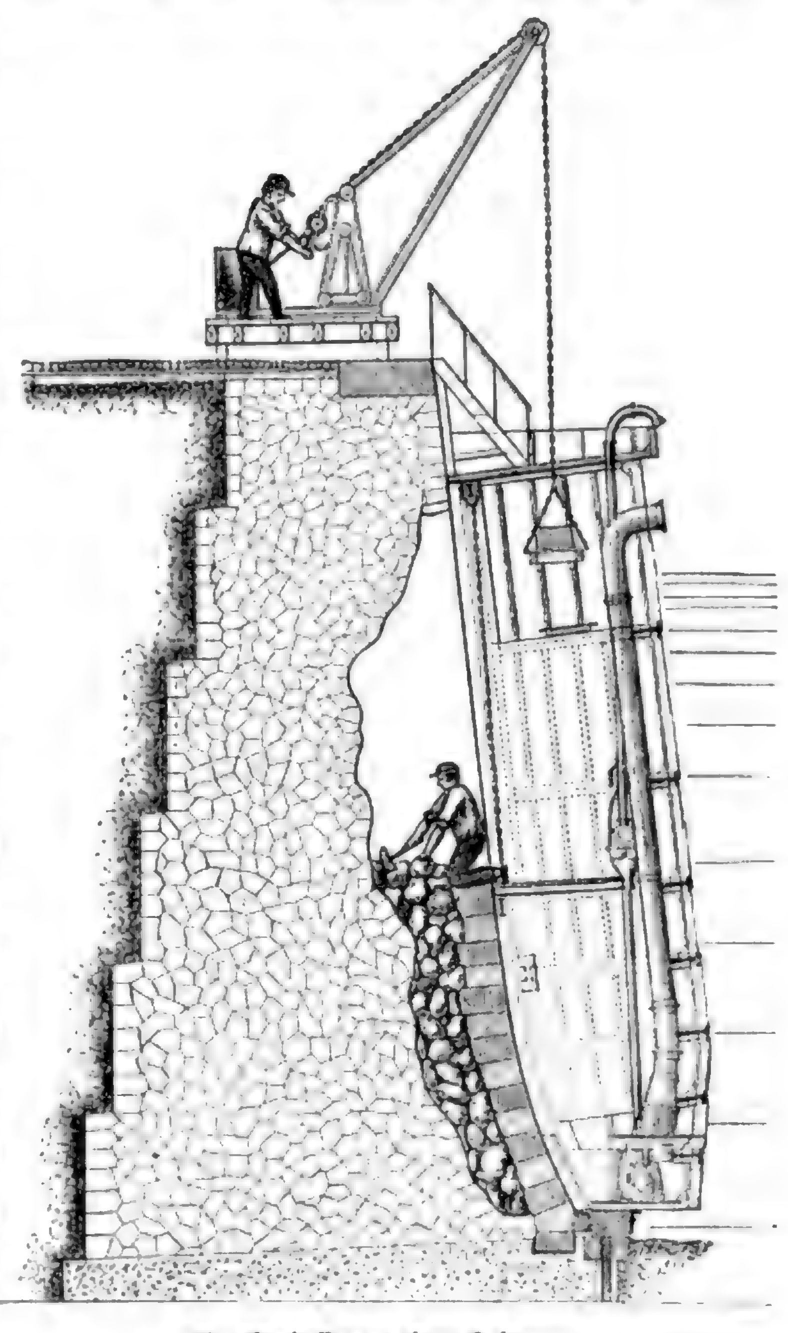


579. Hebung eines Baggers. Nach „Centralblatt der Bauverw.“

Für das Heben leichter Fahrzeuge benutzt man offene Prähme, über welche schwere Windebäume gelegt werden, die mit Hilfe von Spillbäumen (eingesteckten Hebeln), Flaschenzügen und Winden gedreht werden, in ähnlicher Weise, wie Abb. 585 es veranschaulicht. Die an dem zu hebenden Schiffe angebrachten Ketten winden sich auf den Windebäumen auf. Sobald der Rand über Wasser gekommen ist, schöpft man das Wasser, falls das Schiff nicht oder nur wenig beschädigt ist, aus, so daß die weitere Hebung von selbst erfolgt. Anderenfalls muß das Schiff auf eine seichte Stelle aufgesetzt werden.

Ehe auf die Hebung untergegangener Schiffe weiter eingegangen wird, möge zunächst die Wiederaufrichtung umgefallener Schiffsfahrzeuge behandelt werden. Die Abb. 577 bis 579 zeigen umgefallene Schiffe, Abb. 578 läßt die mächtigen Spieren erkennen, mit deren Hilfe das Schiff in diesem Falle wieder umgekantet wurde. Ein in der Weser gesunkener Bagger mußte ebenfalls, ehe seine Hebung beginnen konnte, gewendet werden; wie man hierbei verfuhr, läßt Abb. 579 erkennen. Es stand für die Arbeit ein Schwimmkran zur Verfügung, der nur ein Gewicht von 40000 kg heben konnte, während für die Aufrichtung etwa 170000 kg erforderlich waren. Um diese Leistung zu erzielen, brachte man an dem Bagger lange Hebel (a) an, und zwar wurden die starken Balken,

welche die Hebel bildeten, mit den Tauen b b befestigt. Die Stützen c wurden nur bei der Aufstellung der Hebelbalken benutzt. Im ganzen wurden 15 Balken aufgestellt und durch die Querbalken d miteinander verbunden. An den Balkenenden bei e und auf zwei Schleppkähnen bei f wurden zu Flaschenzügen gehörige Blöcke angebracht und Zugtaue eingeschert. Jedes Tau lief nach einer Winde (h). Außerdem wurde noch ein Drahtseil durch die Dampfwinde eines Baggers angezogen. Mit Hilfe dieser Vorkehrungen ward der Bagger in $1\frac{1}{4}$ Stunde aufgerichtet. Zur Hebung in der aufgerichteten Lage wurden Tragtaue i benutzt, die bereits vorher unter Zuhilfenahme von Tauchern um den Bagger gelegt worden waren. Die gesamten Hebungsarbeiten bedingten einen Aufwand von 35 000 Mark.



580. Ausbesserung einer Kaimauer.
Mit Hilfe eines offenen Caissons.

Das Heben und Bergen großer verunglückter Schiffe ist eine Aufgabe, deren Lösung in jedem einzelnen Falle in einer besonderen Weise erfolgt, da die Verhältnisse, die für dieselbe maßgebend sind, wie die Beschaffenheit des Wassers, das Vorhandensein von Flut und Ebbe, die Tiefe des Wassers u. s. w. sehr verschiedenartig sind. Die Größe und Lage des Schiffes, die Art der Beschädigung spielen, wie leicht erklärlich sein dürfte, eine besonders einflußreiche Rolle.

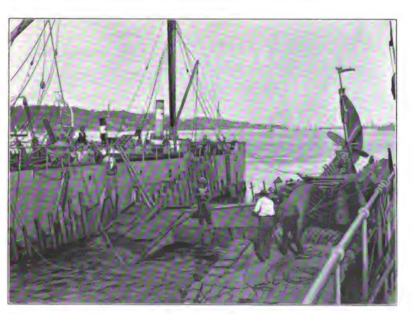
Nicht selten liegt ein Schiff derart, daß bei gewissen Wasserständen der Schaden zu Tage tritt. In einem solchen günstigen Falle bereitet die Dichtung des in dem Schiffsrumpf etwa durch einen Zusammenstoß entstandenen Loches keine allzu großen Schwierigkeiten. Man stellt zu diesem Zwecke ein sogenanntes Kissen her, das aus Segeltuch und Werg besteht und sich gut an die Schiffswand anpaßt. Fängt man nun an, den Schiffsraum leer zu pumpen, so preßt das Wasser, sobald es außen etwas höher steht als im Schiffsinneren, das Kissen immer fester gegen die Schiffswand und dichtet es immer vollkommener ab. Ist das Schiff flott geworden, d. h. hat es sich vom Boden abgehoben und schwimmt wieder, so wird es in ein Dock geschafft und ausgebessert. — Das gleiche Prinzip liegt dem in Abb. 580 dargestellten Verfahren zur Ausbesserung einer Kaimauer, an einer unter Wasser liegenden Stelle, zu Grunde. Der offene Caisson wird in diesem Falle wie ein sogenanntes Kissen durch den äußeren Wasserdruck bei Entleerung des inneren Raums fest gegen die Mauer gepreßt.

Schwieriger wird bereits die Aufgabe, wenn das Schiff so tief liegt, daß es sich beständig vollständig unter Wasser befindet. Die nächste Aufgabe ist alsdann das Abtakeln der Maste. Durch Taucher sucht man so viel von der Ladung zu beseitigen, d. h. zu bergen, als nur immer möglich ist. Ist die letztere Arbeit beendet, so beginnt man mit dem Dichten des Lecks. Um das Schiff leerpumpen zu können, ist die Herstellung von Schächten erforderlich, die es ermöglichen, aus den Luken Wasser zu pumpen, ohne daß solches wieder an dieser Stelle in den Schiffsraum hineinfließen kann. Die Schächte müssen daher von den Luken bis über Wasser reichen. Die mächtigen Pumpen, die zu derartigen Arbeiten erforderlich sind, befinden sich gewöhnlich auf oder in den Hebefahrzeugen die speziell für die Benutzung bei den Hebungsarbeiten gesunkener Schiffe bestimmt sind und zu Seiten derselben verankert werden (s. Abb. 581, welche die Hebung und Bergung S. M. Torpedobootes S. 85 darstellt). Die Pumparbeit muß im ersten Stadium sehr vorsichtig geschehen, die Schiffe haben nämlich im hohen Grade das Bestreben, in dem Augenblick, in welchem sie hochkommen, d. h. sich von dem Boden abheben, umzufallen. Um diesem Ereignis, wodurch nicht nur die ganze bisherige Mühe vergebens wäre und die weiteren Hebungsarbeiten sehr erschwert würden, nach Möglichkeit vorzubeugen, wird das Schiff durch sogenannte Toptakel mit den auf beiden Seiten des verunglückten Schiffes liegenden Hebefahrzeugen verbunden. Die Toptakel sind Flaschenzüge, die dem Steigen des Schiffes entsprechend in Spannung gehalten werden müssen. Das Lösen des Schiffes von dem Boden, an dem es infolge des sogenannten Sogs außerordentlich fest haftet, erfolgt sehr plötzlich. Um die Wirkung des Bodensogs zu mäßigen, benutzt man Schläuche, die in den Grund eingeführt werden und durch welche mittels einer Luftpumpe Luft in den Boden eingepreßt und dieser gelockert wird.

Die erwähnten Hebefahrzeuge bestehen jetzt meistens aus Eisen. Die Schiffe haben einen flachen Boden und sind mit außerordentlich starken Pumpen und Dampfwinden ausgestattet. Das Innere ist in eine größere Anzahl Kammern eingeteilt, die sämtlich wasserdicht sind. Ihr Hauptzweck besteht darin, mit Wasser gefüllt zu werden, falls das Fahrzeug gesenkt werden soll, und wieder leer gepumpt zu werden, falls dieses gehoben werden soll. In der Mittellinie besitzen derartige Hebefahrzeuge in der Regel mehrere große viereckige Schachte, die sich durch die ganze Höhe des Schiffes erstrecken. Diese Schachte, welche als Kokern bezeichnet werden, dienen dazu, Stahldrahttaue hinablassen zu können, die um das gesunkene Fahrzeug geschlungen werden. Man greift zu diesem Mittel, wenn es nicht gelingt oder nicht möglich ist, die Öffnungen eines Schiffes zu dichten und dieses somit in dem beschädigten Zustande gehoben werden muß. Bei einer solchen Hebung werden zwei der Hebefahrzeuge auf beiden Seiten des Schiffes verlegt und die Stahldrahttaue unter dessen Kiel gezogen und in den Kokern hochgenommen. Um die Taue unter dem Schiff durchziehen zu können, wird es häufig erforderlich, mit der Dampfspritze Löcher in den Sand unter dem Schiff herzustellen, durch welche die Taue durchgezogen werden. Derartige Arbeiten erfordern in der Regel viel Geduld und Geschicklichkeit. Die Hebung eines Schiffes vollzieht sich, je nachdem in dem betreffenden Wasser Flut und Ebbe herrschen, oder solche nicht eintreten, in etwas verschiedener Weise. Ist letzteres der Fall, so ist es erforderlich, zunächst die Pontons durch Füllung zu senken, das Schiff wird nun mittels der Stahldrahttaue an denselben angeschlagen, wobei darauf zu achten ist, daß die Taue ganz stramm gespannt werden. Nunmehr wird das Wasser aus den Pontons ausgepumpt und es hebt sich mit den steigenden Fahrzeugen auch das Schiff, vorausgesetzt, daß die Hebekraft, d. h. der Auftrieb der Hebeschiffe groß genug ist. Ist es gelungen, das gesunkene Schiff etwas zu heben, so fahren die Pontons mit dem dazwischen hängenden Schiff nach einer weniger tiefen Stelle und setzen es hier ab. Nun beginnt das Spiel von neuem, d. h. die Pontons werden wieder mit Wasser gefüllt, die Ketten werden wieder stramm gezogen und alsdann die Pontons abermals leergepumpt. Auf diese Weise verfährt man so oft, bis das Schiff wieder an der Oberfläche erscheint.

Die Arbeiten zur Hebung oder zur Forträumung gesunkener Schiffe sind vielfach hinsichtlich ihres Erfolges unberechenbar, und das Bergungsgeschäft ist daher ein sehr

581. Hebung und Bergung des Torpedobootes S. 85. Nach „Mutter Erde".

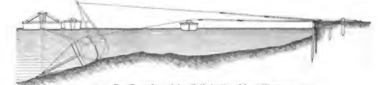


582. Bergung der „Athabaska".

Digitized by Google

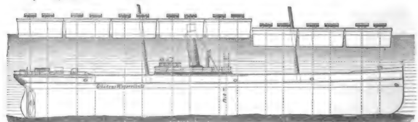
gewagtes und teueres. Die Fortschaffung des in der Elbe gegenüber von Altona gesunkenen Schiffes „Athabaska“ kostete 120000 Mark. Das Schiff war durch eine Kollision in zwei Stücke auseinandergerissen. Zuerst wurde der vordere, dann der hintere Schiffsteil, nachdem diese durch Taucher gedichtet waren, stromaufwärts gebracht. Die Abb. 582 gibt eine Darstellung einzelner Vorgänge dieser mühsamen und kostspieligen Arbeit.

Eine hochinteressante und trotz der größten Schwierigkeiten bestens gelungene Arbeit dieser Art ist auch die 1875 und 1876 durch den königlichen Bauinspektor A. Dresel ausgeführte Hebung des englischen Schraubenschiffs „Lady Cathrine“. Dasselbe wurde am 28. Mai 1875 im Hafen von Swinemünde durch das englische Schraubenschiff „Milo“ an Backbordseite, 7 m



583. Der Dampfer „Lady Cathrine“ auf dem Meeresgrunde.

vom Vordersteven, mit solcher Heftigkeit gerammt, daß die „Milo“ tief in die „Lady Cathrine“ eindrang und dieselbe, mit voller Kraft rückwärts arbeitend, eine Strecke weit mit in das tiefere Fahrwasser zurückzog, bevor sie loskam. Das Wasser drang dann mit großer Schnelligkeit in den Riß ein, und in wenigen Minuten sank das Schiff, sich infolge einer Ablenkung des Grundes stark überlegend. Die Mannschaft rettete nichts als das nackte Leben. Da nun durch den Schiffskörper das dort 14 m tiefe Fahrwasser versperrt wurde, so war die Beseitigung desselben dringend erforderlich. Eine dänische Bergungsgesellschaft verlangte für die Sprengung des Schiffes und Herstellung eines freien Fahrwassers bis zu 7,5 m Tiefe 120000 Mark. Diese Forderung, welche zwar von anderer Seite unterboten wurde, jedoch mit geringerer Gewähr für die Schnelligkeit und Sicherheit der Ausführung, legte den Wunsch nahe, die Hebung oder mindestens die Fortschaffung des Wracks aus dem Fahrwasser selbst zu versuchen.



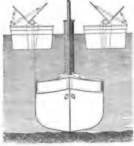
584. Hebung des Dampfers „Lady Cathrine“. Seitenansicht.

Die Ausführung geschah nach den Plänen Dresels mit Hilfe von 16 Hebeprähmen, welche eigens zu diesem Zwecke gebaut wurden und so bemessen waren, daß die Hälfte zum Tragen des Schiffes genügte. Dem Plan lag die folgende Idee zu Grunde: das Schiff sollte mit Hilfe von Ketten, welche unter dem Kiel desselben durchzuziehen waren, an eine Anzahl abwechselnd mit Wasser zu füllender und dann zu entleerender Prähme befestigt werden; durch Auspumpen und gleichzeitiges Anziehen der nach dem 25 m entfernten Bollwerk laufenden Trossen wurde das ganze System, Wrack und Hebeprähme, diesem zugezogen und auf eine geringere Tiefe gebracht, so daß mit dem ersten Heben gleichzeitig ein dauerndes Abstützen verbunden wurde. Sobald die Bordwand über Wasser kommen würde, sollte das Leck gedichtet und das Schiff durch Auspumpen flott gemacht werden.

Indessen lag das Schiff schief (Abb. 583), mit den Masten nach unten gerichtet. Es mußte also vorher aufgerichtet werden, was ebenfalls mit Hilfe der Prähme geschah. Man begann mit dem Entlasten des Schiffes durch Herausschaffen der unter Wasser lösbaren Teile der Schiffsrüstung, der Takelung und eines Teils der Kohlenladung. Mittels einer sechspferdigen Dampfwinde wurden mehrere schwere Anker, Schiffsketten, Tauwerk, Raaen, Segel, Boote, zwei Dampfmaschinen und 440 cbm Kohlen gehoben, unter zeitweiser Benutzung von 4 Tauchern.

Digitized by Google

Die Arbeit nahm den Herbst und die erste Hälfte des folgenden Sommers (1876) in Anspruch. Dann wurden 16 schwere Ketten, von 45 mm Eisenstärke unter dem Schiff durchgezogen, wobei ein starker Wasserstrahl, welcher den Boden auflockerte, benutzt wurde. Selbst da, wo das Schiff 2 m im festen Thon eingebettet war, machte es keine Mühe, die nötigen Öffnungen auf diese Weise durchzutreiben. Nun galt es also zunächst, das Schiff auf den Kiel zu bringen. Die 16 Ketten wurden durch die Koker gezogen, so daß nunmehr das Schiff an 32 Kettenenden hing, von denen jedes um den zugehörigen Windebaum eines der 16 Prähme gewickelt war. Mit Hilfe eines Prahms, dessen Kette an dem Mast befestigt war, und 4 starker Trossen, welche, über das Deck gelegt, vom Ufer angeholt wurden, gelang es in der Zeit vom 6. bis zum 11. Juli das Schiff so weit bergan zu rollen, daß der Schornstein über Wasser sichtbar wurde. Bald setzte das Schiff mit dem Kiel auf, und damit war die weitere Aufrichtung so weit, daß man mit dem eigentlichen Heben beginnen konnte. Die Neigung des Decks gegen den Horizont betrug 40 Grad. Es wurde daher die gesamte Hälfte der Prähme zur Hebewirkung gebracht und so am 19. Juli das Abheben vom Grunde und die weitere Annäherung an das Bollwerk bewirkt. Bald kam auch das Schiff mit dem Steuerbordreiling an den Boden der Prähme, welcher Umstand zum weiteren Aufrichten benutzt werden konnte. Dies gelang vollständig bis Mitte August, worauf mit dem Auspumpen des Schiffes begonnen wurde. Binnen einer Stunde konnte das Wasser aus dem Hinterschiff und der Kajütte entfernt werden. Das Schiff hob sich dabei um 1,5 m. Man ging nun an das Abdichten der zahllosen Leckstellen und begann mit dem Löschen der Kohlen. Am 28. August konnten die eigenen Pumpen des so geretteten Schiffes, nachdem sie aus dem Kohlenschlamm herausgegraben waren, zum Bergen des Hinterschiffs benutzt werden. Am 31. August endlich gelang es, von dem großen Leck am Backbordbug Maß zu nehmen. Dasselbe hatte die Form eines Dreiecks von 4 m Höhe und 1,4 m Basis am Schandeck. Zur Dichtung wurde eine 4 cm starke Tafel von doppelter Brettlage aufgelegt. Nun erst war es möglich, auch das Vorderschiff zu entleeren und damit auch die dort befindlichen Kohlen zu löschen. Darauf wurden die Maschinenteile gereinigt, einige notwendige Ausbesserungen ausgeführt und die Kessel geprüft. Am 13. September wurde die Maschine unter Dampf geprüft und für vorzüglich brauchbar gefunden. Am 23. September ging das Schiff, inzwischen neu ausgerüstet, unter Dampf und legte sich in Swinemünde an das Bollwerk. Da die gesamten Hebungskosten sich auf 185 000 Mark stellten, der Verkaufswert des Schiffes aber auf 184 000 Mark abgeschätzt wurde und der Erlös aus den Prähmen, Kohlen u. s. w. 50 000 Mark lieferte, so ergab sich ein Erlös von 49 000 Mark gegenüber dem für die Sprengung geforderten Preis von 120 000 Mark.



585. Hebung des Dampfers „Lady Cathrine". Vorderansicht.

Die Methode, die Hebung eines Schiffes durch den Auftrieb von Vorrichtungen, welche man an dasselbe befestigt, zu bewirken, ist besonders in der russischen Marine beliebt. Die Säcke bestehen aus Indiafaser und Hanfzwilch, welche Stoffe in abwechselnden Lagen zusammengelegt werden. Die Länge derartiger Säcke beträgt 5 bis 6 m, der Durchmesser 4 bis 5 m, so daß ihre Hebekraft 6 bis 10 Tonnen erreicht.

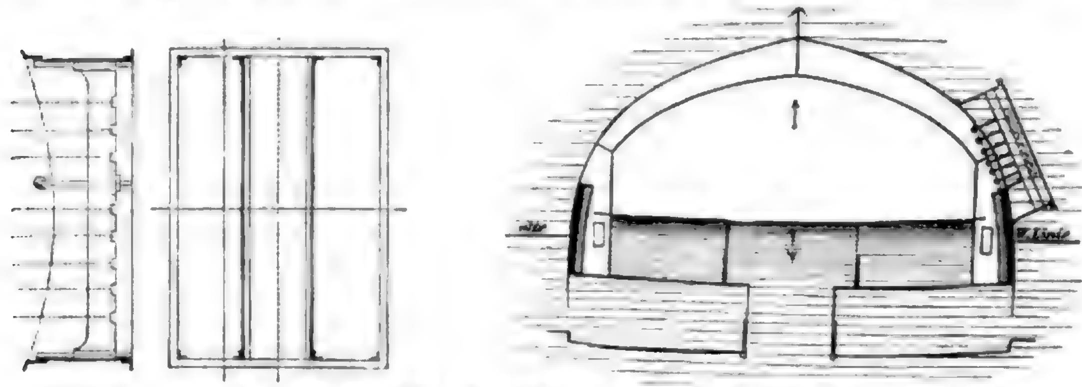
Die Luftsäcke leiden sämtlich an dem Nachteil, daß sie bei ihrem Aufsteigen an die Oberfläche häufig platzen, weil der Luftdruck im Sack gegenüber dem allmählich abnehmenden Wasserdruck, zu groß wird. Um diesen Mangel zu beseitigen, hat man Druckregulatoren angebracht. Da jedoch die Schiffshebung auf diese Weise immer schwierig ist, so hat man versucht, den Schiffskörper selbst als Luftsack zu benutzen. Namentlich für Fälle, wo der Kiel oben liegt, ist dieser Weg besonders geeignet, da der Schiffsboden an sich — bis auf das etwaige Leck — bereits dicht ist, während bei einem aufrecht gesunkenen Schiff erst das Deck abgedichtet werden muß, was besonders bei großen Tiefen außerordentliche Schwierigkeiten machen würde.

Für den „Großen Kurfürsten", welcher bei Folkestone infolge einer Kollision gesunken ist, war von dem Marineingenieur Haedicke die Abdichtung in der Weise entworfen worden, daß ein Rahmen (Abb. 586) um die Leckstelle aufgebracht und durch eingehakte Schrauben befestigt werden sollte, welcher, mit einem Deckel versehen, den Schluß bewirkte. Alsdann sollte unter entsprechenden Vorsichtsmaßregeln, um das Auftoppen des Wracks zu vermeiden, durch unter das Deck geführte Röhren mit Hilfe kräftiger Pumpen Luft eingepreßt werden, um das Wasser zu verdrängen. Die Berechnung ergibt, daß das Wasser

ungefähr auf die alte Wasserlinie hinabgedrückt hätte werden müssen, um einen genügenden Auftrieb zu erzeugen (Abb. 587).

Um die Schnelligkeit der Verdrängung des Wassers zu erhöhen, also die Gefahr zu vermindern, daß ein inzwischen ausbrechender Sturm die Arbeit stört oder vernichtet, hat man das Einpumpen der Luft durch die weit lebhaftere Entwickelung von Gasen zu ersetzen gesucht. Dr. Raydt in Hannover hat gepreßte Kohlensäure in Vorschlag gebracht, welche in eisernen Gefäßen befindlich, einen außerordentlich kleinen Raum einnimmt und die Füllung sehr schnell zu bewirken im stande ist. Haedicke entwarf zu gleichem Zweck eine Rakete, welche, einmal (elektrisch) entzündet, Pulvergase in den Schiffsraum treibt. Dieselbe ist aus Gußeisen gefertigt und enthält einen zickzackförmigen, mit Raketenmasse gefüllten Kanal von außerordentlicher Länge, so bemessen, daß die Gase selbst nach ihrer Abkühlung den genügenden Auftrieb geben.

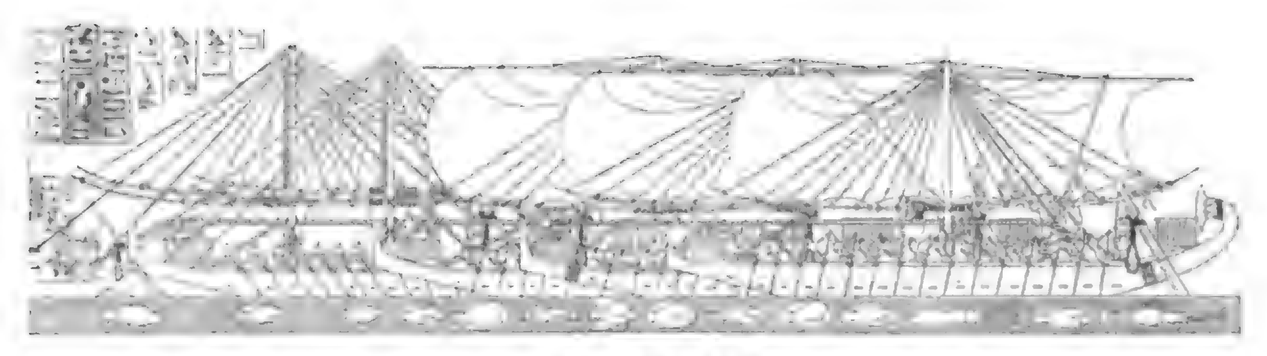
Die Hebung des „Großen Kurfürsten“ ist jedoch nicht zustande gekommen.



586 u. 587. Dichten des Lecks des „Großen Kurfürsten“.

Zu den nicht gerade selten eintretenden Schiffsunfällen gehört das auf Grund geraten. Das Flottmachen derartiger Fahrzeuge läßt sich in vielen Fällen dadurch erreichen, daß die Fracht ausgeladen wird, worauf das Schiff sich vom Boden erhebt. Genügt das Ausschiffen der Fracht jedoch nicht, um eine genügende Verminderung des Tiefgangs zu erreichen, so gestaltet sich die Sachlage ernster.

Handelt es sich um sehr schwere Schiffe, etwa um ein modernes Panzerschiff, so ist selbst eine Hebung mittels Pontons und Luftkasten nicht ausführbar, und man muß seine Zuflucht zu anderen Hilfsmitteln nehmen. Als ein solches stellt sich bei günstigen Grundverhältnissen das Fortspülen des Sandes dar. Hierzu bedient man sich eines sehr kräftigen Wasserstrahls, der durch mächtige Pumpen hervorgebracht wird. Auf diese Weise ist z. B. das englische Panzerschlachtschiff „Victorious“ auf der Reede von Port Said flott gemacht worden. Dieses Schiff besitzt eine Länge von 119 m, einen Tiefgang von 8,6 m und ein Gewicht von 14900 t. In diesem Falle wurde auf der einen Seite des Schiffes ein Saugbagger verlegt, der mittels eines Rohres den Schlamm am Boden durch Aufsaugen fortnahm, während der zweite Bagger auf der anderen Seite den Sand mittels einer Wasserstrahlpumpe aufwühlte. Es gelang, das Schiff innerhalb weniger Tage wieder flott zu machen.



588. Altägyptische Schiffe.

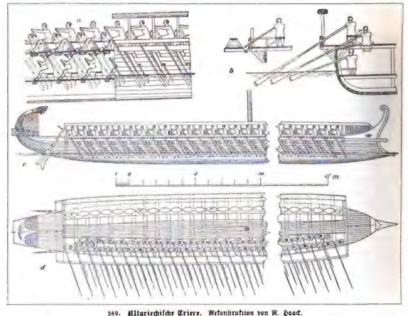
Schiffbau.

Geschichtliche und technische Entwickelung.

Die Schiffahrt ist unstreitig eines der ältesten Gewerbe; denn soweit man den Überlieferungen bis in die Vorzeit der Fabel und der Mythologie nachgehen kann, findet der Schiffahrtsbetrieb Erwähnung. Es ist wohl anzunehmen, daß der ausgehöhlte Baumstamm oder das aus mehreren Stämmen zusammengefügte Floß die ersten schwimmenden Fahrzeuge gewesen sind, und daß die Schiffsform sich allmählich infolge der Vervollkommnung der Mittel zur Fortbewegung und zum Lenken des Schiffes herausgebildet hat. Wie nun nach den geschichtlichen Überlieferungen die menschliche Kultur von den Völkern des Morgenlandes ausgegangen ist, so sind auch die ersten Anfänge der Schiffahrt und des Schiffbaues bei diesen Völkern zu suchen, da gerade der Schiffahrtsbetrieb zur Ausdehnung des Handels und zur Hebung des Wohlstandes der Völker in bedeutendem Maße beitrug. Wenngleich nach den vorhandenen Forschungen noch nicht klargelegt ist, ob das Ruder- und Segelschiff als eine Erfindung der Ägypter oder der Babylonier zu betrachten ist, so ist doch durch neuere Ausgrabungen und archäologische Expeditionen nach Ägypten festgestellt worden, daß die Ägypter schon in den Jahren 2500—1300 v. Chr. langgestreckte, flachgehende Schiffe besaßen, welche sowohl durch Ruder (Riemen), als auch durch Segel fortbewegt wurden und zum Steuern zwei schaufelförmige Ruder besaßen. Dr. Johannes Dümichen gibt in seinem Werke: „Die Flotte einer ägyptischen Königin aus dem 17. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung“ nach den im Terrassentempel von Dêr-el-bah'esi aufgefundenen Skulpturen eine größere Anzahl von Seeschiffsbildern, von denen Abb. 588 fünf Schiffe der ägyptischen Flotte zeigt. Die Zeichnung gibt den Schiffsrumpf mit den Stevenformen, den Dollbord mit den 15 Taukränzen zur Führung für die Riemen der Ruderer, die Anordnung der Steuerruder, sowie die gesamte Takelage nebst Segel so eingehend wieder, daß man aus derselben ein klares Bild über das Schiff der Ägypter jener Zeit erhält. Auffallend ist sogar die Anwendung eines Hängewerkes zur Erhöhung des Längsverbandes des Schiffes, wie es heutzutage bei flachgehenden Flußschiffen gebräuchlich ist. Auch die Befestigung des Mastes nach vorn durch Stage, nach hinten durch das Segelfall — die seitliche Verstrebung, die sogenannten Wanten, fehlen, da das breite Raasegel nur vor dem Winde gefahren wurde — die Stützung und Festlegung der Raa durch Topenanten und Brassen entspricht im allgemeinen den jetzigen Gebräuchen. Das für die größeren Schiffe verwendete Material bestand aus Mimosenholz. Die Außenhaut war klinkerartig gebaut und erhielt eine Anzahl Pforten zur Beleuchtung des Schiffsinneren. Das feste Deck erhielt vorn und hinten einen mit einem Lattenzaun umgebenen Aufbau für den Führer des Schiffes und die Leute auf dem Ausguck. Es ist anzunehmen, daß diese Schiffe, welche von den Ägyptern in der

Hauptsache zu Verkehrszwecken benutzt wurden, nur zum Befahren der Flüsse oder der Meeresküsten geeignet waren.

Erst später wird von den **Phöniziern** berichtet, daß sie sich mit ihren Fahrzeugen auf das offene Meer gewagt haben. Sie dehnten sogar ihre Fahrten über die Grenzen des Mittelländischen Meeres aus und wußten ihren Kurs durch Beobachtung der Sterne festzulegen. Sie legten hiermit den Grund zur Steuermannskunde. Leider sind uns über den Bau der phönizischen Schiffe keine zuverlässigen Nachrichten und insbesondere keine geeigneten Abbildungen überliefert worden. Erst von den Schiffen der **Griechen** ist uns wiederum, im besonderen durch die Forschungen von August Böckh und Dr. Bernhard Graser, aus bildlichen Darstellungen auf Münzen, Gemmen und Reliefs, sowie aus Inschriften einiger Aufschluß zu teil geworden. Im besonderen haben die auf großen Marmorplatten eingemeißelten attischen Seeurkunden, welche 1834 im Piräus gefunden und von Professor Böckh in der 1840 veröffentlichten Ausgabe wiedergegeben wurden, näheren Aufschluß über den Bau der athenischen Schiffe gegeben, während das im Jahre 1852 in der Akropolis von Athen entdeckte Marmorrelief eines Teiles einer Triere leider so unvollständig ist, daß die Meinungen über die Rekonstruktion eines solchen Fahrzeuges sehr auseinandergehen. Es steht nur fest, daß die Griechen zur Fortbewegung der Schiffe Riemen und Segel benutzten, letztere fanden jedoch nur für längere Fahrten und bei günstigem Winde Verwendung. Bei den Kriegsschiffen lag die eigentliche Treibkraft in den Riemen — daher das Bestreben, die Zahl derselben durch Anordnung der Ruderer in ein bis drei Reihen übereinander zu vermehren — sowie die Hauptwaffe in der Bugform mit dem kupfernen oder eisernen Schnabel oder Sporn. Die Lenkung der Schiffe erfolgte durch zwei Ruder nach Art der ägyptischen Schiffe.

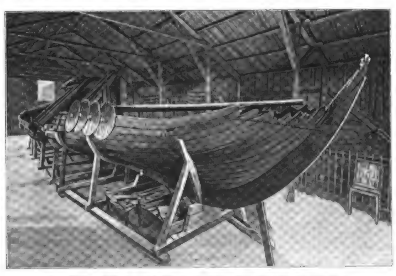


389. **Altgriechische Triere.** Rekonstruktion von R. Haack.

a Ein Teil der Außenwand ist weggedacht, so daß alle 3 Ruderreihen auf ihren Sitzen sichtbar sind, b zeigt die Ruderer von hinten, c Seitenansicht, d Ansicht von oben.

In einem im Jahre 1895 veröffentlichten Aufsatz über attische Trieren hat R. Haack nach dem Relief der Akropolis, sowie anderen Bildwerken und den von Roß im Piräus aufgefundenen Seeurkunden die Rekonstruktion einer Triere durchgeführt, welche der Wirklichkeit den schriftlichen Überlieferungen gemäß sehr nahe kommen dürfte (Abb. 589).

Mit dem Aufschwung Alexandriens nach dem Tode Alexanders des Großen und mit der Entwickelung der mathematischen und mechanischen Wissenschaften durch die Gelehrten dieser Stadt scheint auch der Schiffbau einen weiteren Aufschwung erhalten zu haben, so daß unter den Ptolemäern Ägypten die erste Seemacht der Welt wurde. Sie erbauten Kriegsschiffe von bedeutenden Abmessungen und rüsteten dieselben zum großen Teil mit Maschinen zum Schleudern von Steinen aus. Aus jener Zeit stammt auch das gewaltige Lastschiff „Alexandria", welches Hiero II. von Syrakus erbauen ließ und seinem Bundes-



590. **Wikingerschiff**, gefunden im Sandefjord, jetzt im ethnologischen Museum zu Christiania.

genossen Ptolemäus zum Geschenk machte. Dieses Schiff soll nach den Anleitungen des Mathematikers Archimedes erbaut worden sein, welcher durch das von ihm aufgestellte hydrostatische Grundgesetz die Grundlage für die Lehre vom Auftrieb und dem Gleichgewicht der schwimmenden Körper gegeben hat und so als der erste Gelehrte bezeichnet werden muß, der auf die Theorie des Schiffes fördernd eingewirkt hat. Trotz dieses Aufschwungs der Schiffbaukunst bleibt dieselbe lange Zeit an den Küsten des Mittelmeeres, im besonderen nach der Zerstörung Karthagos, auf derselben Stufe stehen und hat sogar durch die Römer einen Rückgang zu verzeichnen, welcher viele Jahrhunderte andauerte.

Ganz unabhängig von den Völkern des mittelländischen Meeres hatte sich im hohen europäischen Norden der Schiffbau und die Schiffahrt insbesondere von den Skandinaviern, den Normannen, entwickelt. Die ersten Nachrichten über die kühnen Seefahrten der Wikinger, deren Beschäftigung in Seeräuberei und abenteuerlichen Streifzügen bestanden, stammen aus dem Ende des achten Jahrhunderts. Über Form, Größe und Bauweise der Wikingerschiffe geben wertvolle Funde im Moor von Schleswig sowie im Sandefjord Norwegens eingehenden Aufschluß. Das am Meeresufer des Sandefjord

Digitized by Google

ausgegrabene und im ethnologischen Museum zu Christiania aufgestellte Wikingerschiff (Abb. 590 gibt eine Photographie desselben wieder) soll aus dem 9. Jahrhundert stammen. Dieses wohlerhaltene Schiff ist 25 m lang, 5 m breit und führte 32 Riemen. Es ist ähnlich unseren jetzigen Holzschiffen aus Spanten und Planken zusammengebaut. Die Schiffsform ist vorn und achtern scharf gehalten, die Vor- und Achtersteven sind stark gewölbt und überragen die Bordwand um etwa einen Meter. Sie enden meistens in einen phantastisch gehaltenen Tierkopf. Zum Steuern dient ein zur Seite des Hinterschiffes an einen Vorsprung der Außenhaut gelagertes Ruder, so daß mit Hilfe desselben die Takelage und die Segelfläche erheblich vergrößert werden konnte. Die Takelage beschränkt sich auf einen Mast mit Quersegel. Außer der Zahl der Rojer — Ruderer — betrug die Besatzung der Wikingerschiffe 30 bis 70 Mann, und zum Schutz der Ruderer dienten Schilde, welche am Schanzkleide aufgestellt waren. Ein Verdeck fehlte, jedoch kam später im Hinterschiff eine Hütte, im Vorschiff ein kurzes Deck für die Kämpfer hinzu. Im Jahre 1000 bis 1200 n. Chr. finden wir schon größere skandinavische Schiffe von höherem Freibord mit einem Kastell auf dem Vorschiff, einer erhöhten Hütte achtern sowie mit einer vergrößerten Takelage, welche sich auf drei Masten verteilt. Die Masten trugen im Top Mastkörbe zur Aufnahme von Kriegern; auch wußte man die Stellung der Segel so einzurichten, daß man auch bei halbem, d. h. seitlichem Winde fahren konnte. Es tritt daher bei den nordischen Völkern zuerst das Bestreben auf, die Segel fast ausschließlich zum Fortbewegen der Schiffe zu verwenden, was bei den ausgedehnten Fahrten auf der hohen See, wo eine Benutzung der Riemen erschwert ist, erklärlich erscheint.

Die skandinavischen Schiffe bilden nun die Vorläufer der Schiffe der deutschen Hansa, welche im 12. Jahrhundert von den Kaufleuten der niederdeutschen Städte gegründet wurde, um den Handelsverkehr gegen die räuberischen Einfälle und Verheerungen der Normannen zu schützen. Mit der Ausdehnung des Handels des Hansabundes wuchs auch seine Kriegsmacht und entstanden so Flotten, welche sogar später als Begleitschiffe für die Kreuzfahrer ins Mittelländische Meer fuhren. Die hanseatischen Koggen (Abb. 591) besaßen ähnlich den skandinavischen Schiffen vorn und hinten kastellartige Erhöhungen, in denen anfangs Katapulten, später Geschütze Aufstellung fanden; sie wurden bis zu einer Größe von 209 Tonnen Tragfähigkeit gebaut. Neben den Abmessungen der Fahrzeuge wurden die Segelflächen stetig vergrößert, als durch die Einführung des am Hintersteven fest gelagerten Steuerruders die Lenkung des Fahrzeuges bei dem erhöhten Segeldruck möglich wurde.

In die Zeit des Aufblühens der Hansa fällt die Entwickelung der Seemacht der beiden Republiken Genua und Venedig und der mehrere Jahrhunderte lang geführte Wettstreit beider Städte um die Seeherrschaft im Mittelländischen Meere, welcher schließlich mit der Überlegenheit der Venezianer endete. Die venezianischen Schiffe, die sogenannten Galeeren, waren anfänglich scharf gebaute Ruderschiffe von niedrigem Freibord bis zu 50 m Länge. Die Riemen besaßen eine Länge von 15 m und wurden meist von 5 Mann bedient. Außerdem führten die Galeeren zwei Masten mit lateinischen Segeln. Später kamen die Galeassen auf, völlig gebaute Fahrzeuge mit hohem Freibord und mit größerer Takelage. Nur im Gefecht wurden sie mit Riemen bewegt. Bei den größeren Schiffen findet man zum erstenmal vier Masten, die beiden vorderen, Fock und Großmast mit Raasegeln, die beiden hinteren Besahnmasten mit lateinischen Segeln, da die mit hohen Kastellen versehenen Fahrzeuge, um bei seitlichem Winde nicht abzutreiben, eine größere Segelfläche erforderten (Abb. 592). Die Rohrgeschütze standen in den beiden Kastellen.

Nach der Erfindung des Kompasses und der hierdurch ermöglichten Orientierung auf hoher See begannen nun gegen Ende des 15. Jahrhunderts die Portugiesen und Spanier ihre glänzenden Entdeckungsfahrten und griffen auf diese Weise in die Entwickelung des Schiffbaues mächtig ein. Seit diesem Zeitpunkt tritt die Takelage der Schiffe und ihre stete Verbesserung in den Vordergrund, während die Ruderboote für

591. Hansa-Kogge. 14. Jahrhundert.

592. Mittelmeerfahrzeug. 14. Jahrhundert.

Digitized by Google

Fahrten auf hoher See und für Kriegsschiffe fast ganz verschwinden. Die Schiffe erhalten durchweg feste Decks, wodurch ihre Seefähigkeit verbessert wird.

Die portugiesischen Karavellen, welche vorzugsweise zu den Entdeckungsfahrten Verwendung fanden, waren Segelschiffe von gefälligen Formen, verhältnismäßig scharfem Boden und fein verlaufenden Schiffslinien. Gewöhnlich hatten die Karavellen in der Mitte einen niederen Freibord und vorn und hinten hohe Aufbauten mit festen Decks. Die drei Karavellen „Santa Maria", „Pinta" und „Nina", welche Kolumbus auf seiner ersten Reise im Jahre 1592 führte, sind in einem Bilde des Marinemaler Rafael Manleon nach Skizzen und Bildern, aus Chroniken sowie Baureliefs und Denkmünzen zusammengestellt (Abb. 593), während der Längenschnitt der „Nina", einer der „Santa Maria" ähnlichen Karavelle in Abb. 594 wiedergegeben ist. Die lateinischen Segel der letzteren wurden schon zu Anfang der Reise durch Quersegel ersetzt. Die Besegelung der „Santa Maria" bestand aus Focksegel, Großsegel, Großmarssegel, einem lateinisch geschnittenen Kreuzsegel

593. Die Karavellen des Kolumbus.

und dem Segel der blinden Raa am Bugspriet. Eigenartig ist die Durchführung der Steuerpinne durch das Spiegelheck sowie die Anwendung von sechs Gats in der Bordwand mittschiffs zum Durchstecken von Riemen.

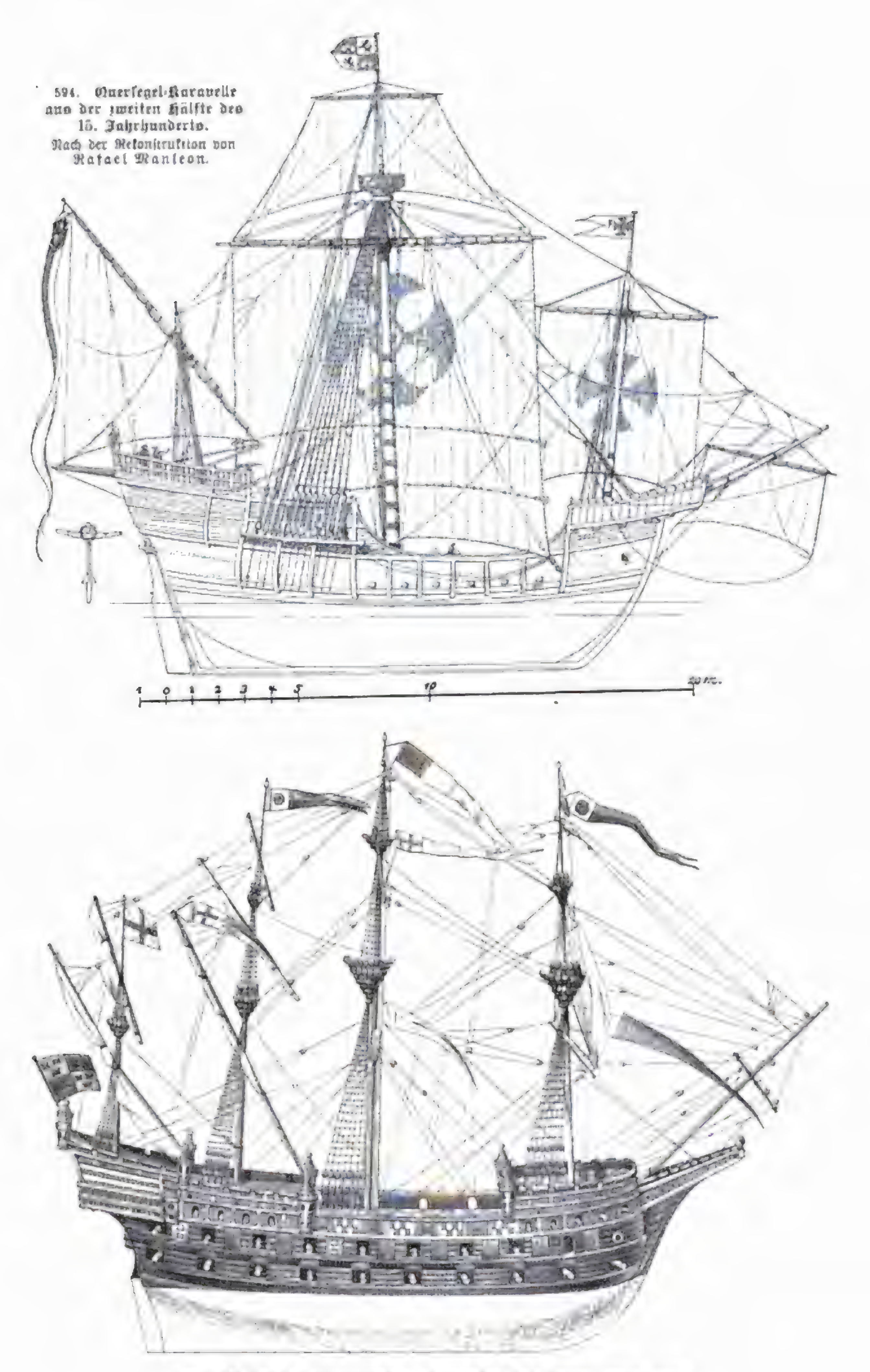
Die Hauptabmessungen der Schiffe waren:

	„Santa Maria"	„Pinta"	„Nina"
Länge zwischen den Perpendikeln	23,0 m	20,16 m	17,36 m
Größte Breite	6,7 m	7,28 m	5,6 m
Raumtiefe	4,50 m	3,36 m	3,08 m
Deplacement	237 t		

Die „Santa Maria" führte als Rohrgeschütze Spingarden und Bombarden, welche Steinkugeln schleuderten.

Die Entdeckungsfahrten von Kolumbus, Vasco de Gama und anderen sowie die hiermit verbundene Besitzergreifung in den fremden Weltteilen fanden nun bald bei den Engländern und Holländern Nachahmung. Schiffe dieser Nationen durchfurchten die Meere, wobei der Kompaß und die astronomischen Messungen mit den Oktanten zur Orientierung dienten, und so entstand frühzeitig ein lebhafter Wettstreit um den Vorrang der Herrschaft zur See nach dem Grundsatz: Wer die See beherrscht, beherrscht auch den

Digitized by Google



594. Quersegel-Karavelle aus der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts. Nach der Rekonstruktion von Rafael Monleon.

595. Modell des Linienschiffes „Henry Grace de Dieu", erbaut 1512.

Digitized by Google

Welthandel. Und so waren die Schiffahrt treibenden Nationen im 16. und 17. Jahrhundert bestrebt, den Schiffbau nach Möglichkeit zu fördern und zu vervollkommnen. Die weiten Fahrten über See erforderten günstigere Schiffsformen unter Wasser, große Seetüchtigkeit und eine Verbesserung der Segeleigenschaften. Man begann den Schiffsboden zum Schutze gegen den Bohrwurm und zur Verminderung des Anwuchses mit Kupferplatten zu beschlagen. Die Schiffe selbst erhielten größere Abmessungen, stärkere Verbände und zweckentsprechende Bug- und Heckformen. Vor- und Hinterkastell verschwanden allmählich, dafür trat das vorn ausspringende Gallion und die Galerien mit den Seitentaschen am Heck. Die Masten wurden geteilt und erhielten Stengen zum Fieren. Die Segel wurden der Höhe nach geteilt in Untersegel, Marssegel und Bramsegel, auch kamen später die Leesegel — Beisegel, welche die Segelfläche in der Breite vergrößerten — hinzu. Der Schnitt der Segel wurde dabei so gewählt, daß sie möglichst bauchig am Winde standen, da man der Meinung war, daß der Wind sich in denselben fangen müsse, ein vollkommen unwissenschaftlicher Grundsatz, welcher erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts allmählich verlassen wurde.

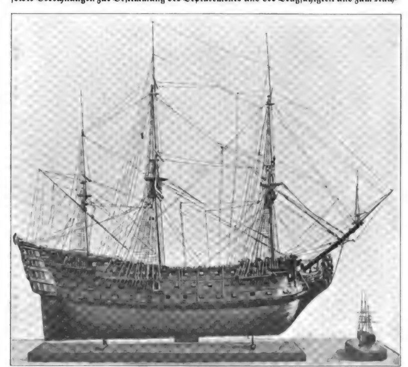
596. Der erste Dreidecker „The Sovereign of the Seas", erbaut 1637.

Mit Bezug auf die Armierung der Kriegsschiffe mit Geschützen ergab sich seit dem Jahre 1500 ein gewaltiger Umschwung, als man nach dem Vorschlag des Franzosen Decharges anfing, Geschützpforten in die Außenhaut einzuschneiden und die Geschütze in der Breitseite aufzustellen. Als erstes Breitseitschiff wurde im Jahre 1512 unter der Regierung Heinrich VIII. an der Themse das Linienschiff „Henry Grace de Dieu" erbaut. (Abb. 595). Es war ein Zweidecker von 1000 t Deplacement, führte 54 Achtzehn- und Neunpfünder in den Batterien und 26 Stück Sechs- und Einpfünder auf Oberdeck, Hütte und Back und hatte eine Besatzung von 700 Mann. Im Jahre 1637 wurde alsdann in Woolwich der erste Dreidecker „The Sovereign of the Seas" (Abb. 596) erbaut. Das Schiff hatte eine Länge zwischen den Perpendikeln von 170 Fuß engl., eine Länge über alles von 232 Fuß und eine größte Breite von 48 Fuß bei einem Tonnengehalt von 1637 Tons. Es besaß drei feste Decks und führte 100 Geschütze und zwar 30 in der unteren, 30 in der mittleren und 26 in der oberen Batterie, während die übrigen auf dem Oberdeck der Back und der Hütte verteilt waren. Die untersten Geschützpforten lagen nur 4 Fuß über Wasser, so daß dieselben bei bewegter See geschlossen werden mußten. Wegen mangelnder Stabilität wurde später das oberste Deck rasiert und das Schiff zum Zweidecker gemacht. Die später im Jahre 1735 erbaute „Victory", ein Dreimaster ähnlicher Konstruktion mit 100 Geschützen (Abb. 597), kenterte infolge des Schöpfens der untersten Geschützpforten im Kanal im Jahre 1744 und ging mit der ganzen Besatzung (an 1000 Mann) unter.

Trotzdem diese Schiffe schon gewaltige Abmessungen aufwiesen und mit Bezug auf Belastung, Konstruktion der Verbandteile, Besegelung und Stabilität schwierige Auf-

Digitized by Google

gaben für den Schiffbau in sich schlossen, so war doch bis zu dieser Zeit von wissenschaftlichen Grundsätzen beim Bau der Schiffe wenig zu spüren. Die damaligen Schiffbaumeister waren nichts weiter als geschickte Handwerksmeister, welche ihre Kenntnisse und Fähigkeiten für den Schiffbau von ihren Vätern erbten, so daß sich meist Generationen von Schiffbauerfamilien bildeten. Ihre Thätigkeit beschränkte sich darauf, nach den Angaben der Besteller oder nach bekannten und überlieferten Vorbildern die Schiffsform zu wählen und durch Auswahl gesunder Bauhölzer und sachgemäße Verbindung der Bauteile ein möglichst festes und dauerhaftes Werk herzustellen. Schiffspläne sowie Berechnungen zur Bestimmung des Deplacements und der Tragfähigkeit und zum Nach-



597. Dreidecker „The Victory", erbaut 1765.

weis einer genügenden Stabilität wurden nicht verlangt. Man bildete sich meist ein Urteil hiervon auf Grund eigener Erfahrungen bezw. nach den Angaben der Kapitäne und eigener in Fahrt befindlicher Schiffe. Überdies bot das Holz als Baumaterial eine leichte Gelegenheit, unschöne Formen des Schiffes während des Baues zu beseitigen bezw. Anbauten nachträglich anzubringen. Schon unter der Regierung der Königin Elisabeth strebte der Seemann und Gelehrte Sir Walter Raleigh dahin, die wissenschaftliche Fortbildung der Schiffbaukunst zu fördern. Er tadelte die damaligen Schiffbauer wegen ihrer mangelhaften technischen Kenntnisse und der hierdurch sich ergebenden häufigen Konstruktionsfehler und Mißerfolge. In seiner Abhandlung über die königliche Marine und den Dienst zur See lenkte er die Aufmerksamkeit auf den schädlichen Einfluß, welchen die Überschreitung des Tiefganges auf die Segeleigenschaften eines Schiffes ausübt. Auch einer der ältesten französischen Autoren, der Jesuitenpater und Lehrer der Mathematik am Seminar zu

Digitized by Google

Toulon Paul Hoche, schreibt im Jahre 1690 in seinem Werk „Théorie de la construction des vaisseaux“: „Man kann nicht leugnen, daß die für den Staat so notwendige Schiffbaukunst von allen Künsten die am wenigsten ausgebildete ist. Der Zufall hat bei dem Schiffbau so viel zu sagen, daß die mit der größten Aufmerksamkeit gebauten Schiffe gewöhnlich sehr schlecht ausfallen, während jene Schiffe, die sehr nachlässig gebaut werden, oft die besten sind. So sind die großen Schiffe meistens ganz verfehlt, und unter den Kauffahrern findet man mehr gute Schiffe als in der königlichen Flotte.“

Vor allem war das Problem der Stabilität lange Zeit hindurch den Schiffbauern nicht geläufig. Neugebaute Schiffe erwiesen sich daher oft so wenig stabil, daß alle möglichen Mittel, wie Einbringen von Ballast, Verstärkung der Beplankung in der

598. Linienschiff „The Queen“, erbaut 1839. Nach „Navy and army illustrated“.

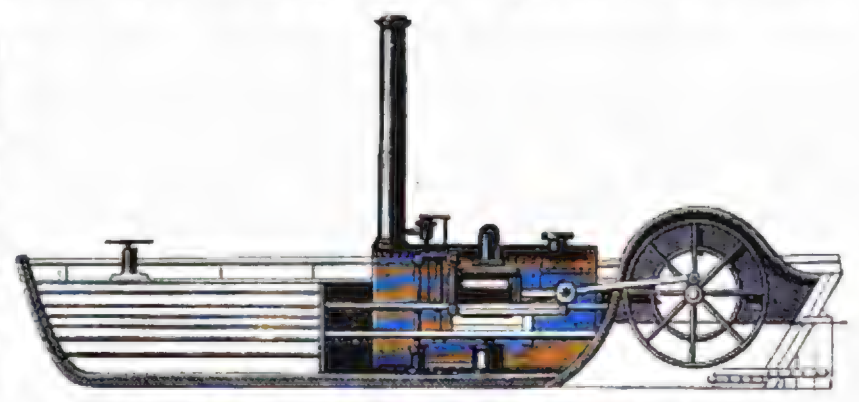
Wasserlinie oder sogar Abrasieren des oberen Decks angeordnet werden mußten, um die Schiffe einigermaßen stabil zu machen, zumal bei den nur wenig über Wasser befindlichen Geschützpforten der untersten Batterie ein Schöpfen von Wasser durch diese Pforten beim Krängen des Schiffes und demnach ein Kentern zu befürchten war. Obwohl im Jahre 1757 Daniel Bernouilli von der „Société Royale des Sciences“ in Paris einen Preis für eine Denkschrift erhielt, in welcher die Bedingungen für die statische Stabilität dargestellt waren, so vermochten noch 30 Jahre später englische Autoritäten im Schiffbau die Ursache der mangelhaften Stabilität dreier Schiffe nicht zu ergründen. Ein Grund lag zum Teil darin, daß die damaligen theoretischen Abhandlungen zu hohe mathematische und technische Kenntnisse voraussetzten, so daß der berühmte Mathematiker Euler in der Einleitung zu seinem im Jahre 1776 erschienenen Werk „Théorie complète de la construction et de la manoeuvre des vaisseaux“ schrieb: „Wenngleich schon vierzig Jahre vergangen sind, seit die Mathematiker mit einigem Erfolge diesen Gegenstand bearbeiten, so sind ihre Entdeckungen doch noch von so schwierigen Berechnungen

Digitized by Google

begleitet, daß die Seeleute kaum irgend einen Nutzen davon haben." Zu gleicher Zeit wirkte der Schwede Chapman mit seinem 1768 erschienenen Werk „Architectura navalis mercatoria" bahnbrechend, indem er in die Schiffbaukunst ein wissenschaftliches System hineinbrachte und mit Hilfe der Mechanik und höheren Mathematik für die einzelnen Schiffsklassen Regeln ableitete, nach denen die Hauptabmessungen, die Schiffsformen sowie die Besegelung im voraus berechnet werden konnten. In Schweden und Dänemark machte man sich diese Regeln beim Bau der Schiffe bald zu nutze, auch zeigten sich in Frankreich und Spanien bald die ersten Anfänge einer theoretischen Behandlung des Schiffbaues, während die Engländer noch länger an ihren praktischen Überlieferungen festhielten. Erst mit den Fortschritten in dem Bau der Kriegsschiffe trat mehr und mehr das Bedürfnis einer theoretischen Ausbildung in der Schiffbaukunst in den Vordergrund, und so wurde im Jahre 1811 in England die erste Schule für Schiffbau durch die Admiralität ins Leben gerufen, welche später nach Portsmouth verlegt und im Jahre 1864 mit dem Royal Naval College in Greenwich vereinigt wurde und aus welcher eine große Zahl in der Mathematik und im Schiffskonstruktionswesen ausgebildeter Zöglinge hervorgingen, während in Frankreich in gleicher Weise die Ecole du Génie maritime hervorragende Schiffbauer heranbildete. In Deutschland machte man erst 1830 mit der Gründung der Schiffbauschule in Grabow bei Stettin den Anfang zu einer wissenschaftlichen Ausbildung der Schiffbauer; doch erst nach Verlegung dieser Schule nach Berlin und Anschluß derselben im Jahre 1861 an das Königliche Gewerbe-Institut erhielt das Schiffbaufach in Deutschland seine wissenschaftliche Grundlage.

599. Dampfboot von Miller, Taylor und Symington im Jahre 1789.

Nachdem England durch die Kämpfe mit Frankreich, Spanien und Holland den ersten Rang unter den Seemächten errungen hatte, beherrschte der Dreidecker der englischen Kriegsmarine zwei Jahrhunderte hindurch die Weltmeere; er bildete mit seiner gewaltigen Artillerie, seinen hohen Masten und der bedeutenden Segelfläche die höchste Gefechtsstärke zur See. Das im Jahre 1839 erbaute Linienschiff „The Queen" (Abb. 598), eines der letzten stolzen Dreidecker, führte 110 Stück 68 und 32 pfündige Vorderlader. Die Länge zwischen den Perpendikeln betrug 204 Fuß, die größte Breite 60 Fuß, die Tiefe im Raum 23 Fuß. Das Schiff führte eine Besatzung von 950 Mann.



600. Durchschnitt des Dampfers „Charlotte Dundas".

Während bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts die Segel allein zur Fortbewegung der Schiffe dienten und dementsprechend die Fahrten der Kauffahrteischiffe sowie das

Manövrieren mit den Kriegsschiffen allein vom Winde abhängig waren, trat mit der Nutzbarmachung des Dampfes als Treibkraft mit Bezug auf die Bauart und die Formen der Kriegs- und Handelsschiffe ein gewaltiger Umschwung ein. Die ersten Versuche, Schiffe durch mechanische Mittel fortzubewegen, fallen in den Anfang des 17. Jahrhunderts, doch sind von diesen ersten Anfängen keine Überlieferungen auf uns gekommen. Erst im Jahre 1681 veröffentlichte die Royal Society in London ein von Dr. Papin verfaßtes Buch, welches neben physikalischen und technischen Erörterungen den Vorschlag enthielt, ein Schiff durch geeignete Verwendung der Kraft des Wasserdampfes zu bewegen. Diese Ideen brachte Papin einige Jahre später zur Ausführung, indem er in Kassel ein Räderschiff erbaute und mit demselben die Fulda hinunter fuhr. Leider wurde das Schiff, als Papin die Durchfahrt durch Münden erzwingen wollte, von den Mündener Schiffern zerstört. Über die Konstruktion der Papinschen Maschine ist jedoch nichts überliefert worden. Später schien Papin keine weiteren Versuche angestellt zu haben, er starb bereits im Jahre 1700. In der darauf folgenden Zeit wurde der Gedanke, Schiffe mittels Dampfkraft zu treiben, nur durch die Schrift erörtert. Daniel Bernouilli schlug in seiner 1738 erschienenen Hydrodynamica zuerst vor, Schiffe mit Hilfe eines Reaktionspropellers zu treiben nach Art einer Rakete, später brachte er in seiner 1753 von der Pariser Akademie der Wissenschaften preisgekrönten Schrift über den besten Propeller zum Treiben von Schiffen ohne Anwendung des Windes in Vorschlag, Schrauben nach Art der Windräder an jeder Seite des Schiffes wirken zu lassen und dieselben durch Dampfmaschinen oder Pferdegöpel zu drehen. Auch Albert Euler schlägt in den Memoiren der Berliner Akademie von 1764 vor, Ruderräder, Reaktionsrohre und Schraube zu benutzen. Die weiteren praktischen Versuche wurden dann im Jahre 1776 von dem französischen Marquis Claude Joffroy ausgeführt, doch brachten dieselben keinen wesentlichen Erfolg. Erst den Engländern war es vorbehalten, das erste brauchbare Dampfschiff zu erbauen, und hierzu gab der Schotte Patrick Miller den Anstoß. Im Verein mit Taylor und Symington baute er ein Doppelboot, in dessen Mitte zwei Ruderräder anfänglich durch eine Handhaspel, später durch eine Dampfmaschine betrieben wurden (Abb. 599). Nach den mit diesem Boot gemachten günstigen Erfahrungen wurde im Jahre 1789 ein größeres Dampfschiff mit einer zwölfpferdigen Maschine erbaut, doch zeigten sich die Schaufelräder zu schwach. Die Schaufeln brachen nacheinander ab, und Miller gab dann weitere Versuche auf. Zu gleicher Zeit machten in Nordamerika Fitch und Rumsay Versuche mit Dampfbooten. Fitch verwendete Schaufeln mit langen Stielen, später Schrauben, Rumsay die von Daniel Bernouilli vorgeschlagene Reaktionskraft als Propeller, doch hatten beide keinen anhaltenden Erfolg. Die Dampfschiffahrt verschwand nun nicht mehr von der Tagesordnung. So sehen wir 1802 Symington noch einmal und ganz anders als früher gerüstet auftreten. Unter der Protektion des Lord Dundas erbaute er die „Charlotte Dundas“ (Abb. 600), welches Fahrzeug als das erste praktische Dampfboot angesehen werden kann. Es hatte eine doppelt wirkende zweicylindrige Wattsche Dampfmaschine mit Kondensation, welche das am Heck

601. Robert Fulton.

gelagerte Schaufelrad mittels zweier Kurbeln drehte. Das Boot soll zwei Kanalschiffe mit einer Geschwindigkeit von $3^1/_4$ Seemeilen (1852 m) pro Stunde geschleppt haben. Da jedoch die Kanaleigner wegen der Uferbeschädigungen infolge der vom Schaufelrad erzeugten nicht unbedeutenden Wellen gegen die Thätigkeit derartiger Dampfboote protestierten, so kam die Charlotte Dundas nicht weiter in Betrieb und geriet bald in Vergessenheit.

Wenn daher schließlich die Krönung des Werkes nicht in England sondern in Nordamerika erfolgte, so hatte dies darin seinen Grund, daß man in dem jungen, aufstrebenden Freistaat dieser Angelegenheit größere Wichtigkeit beilegte und in der Entwickelung der Dampfschiffahrt einen kräftigen Hebel für den zunehmenden Handelsaufschwung erblickte und voraussah. Der Kanzler Livingston zu New York hatte sich seit 1797 der Sache warm angenommen und ließ alle Betriebsmittel, Schaufelräder, Schrauben, endlose Ketten durchprobieren. Im Jahre 1801 traf Livingston als Gesandter in Paris mit

602. Fultons erstes Dampfschiff.

seinem Landsmann, dem jungen Maler und plänereichen Ingenieur Robert Fulton zusammen, welcher eben, europamüde, nach mehrjährigem Aufenthalt in England und Frankreich sich zur Heimkehr rüstete. Fulton hatte verschiedene Erfindungen und Pläne, wie Taucherfahrzeuge und unter Wasser explodierende Bomben vergeblich dem Direktorium in Frankreich angeboten, auch soll er von Symington wichtige Auskunft und Einsicht in dessen Versuche erhalten haben. Jetzt durch Livingston zum Bleiben bestimmt, und mit Mitteln versehen, begab er sich mit allem Eifer an die Erbauung eines Dampfboots, und dasselbe legte am 9. August 1803 seine erste Probe auf der Seine mit Erfolg ab. Aber die neue Erscheinung machte bei den Franzosen keinen Effekt. Die Köpfe berauschten sich damals in immer neuen Siegen der französischen Waffen. Nach diesen Mißerfolgen beschlossen Fulton und Livingston die weiteren Unternehmungen auf den heimatlichen Boden zu verlegen, dessen gewaltige Ströme und Seen ja ohnehin hierfür wie geschaffen waren. Fulton hatte mit Recht erkannt, daß die Mißerfolge der bisherigen Unternehmungen größtenteils in den mangelhaften und zu schwach konstruierten Dampfmaschinen ihren Grund hatten. Er bestellte daher bei der Firma Boulton und Watt eine Maschine, welche im Oktober 1806 nach New York geliefert wurde, und sogleich

wurde der Bau des Dampfers begonnen. Das Schiff, nach dem Wohnort Livingstons „Clermont“ genannt, besaß eine Länge von 42,6 m, eine Breite von 14,6 m, eine Raumtiefe von 2,25 m und einen Tiefgang von 0,6 m. Die 20 pferdige Maschine hatte einen Cylinderdurchmesser von 0,61 m und einen Hub von 1,22 m. Die beiden an den Seiten angebrachten Schaufelräder hatten 4,6 m Durchmesser und machten 20 Umdrehungen pro Minute (Abb. 602). Am 17. August 1807 unternahm Fulton die erste größere Probefahrt, und der „Clermont“ blieb dann auf dem Hudson als Passagierboot dauernd in Betrieb. Fulton gebührt daher das Verdienst, das erste brauchbare und betriebfähige Dampfschiff gebaut zu haben, wenngleich er sich hierzu die Vorarbeiten von Watt, Miller und Symington zu nutze machte. Nach diesem Erfolg fanden die Dampfschiffe so rasche Verbreitung, daß in wenigen Jahren auf dem Mississippi, dem Ohio, dem Lorenzstrom und ihren Nebenflüssen Dampfschiffe fuhren und Handelsbeziehungen nach Gegenden brachten, wo bisher nur einzelne Ansiedler saßen. Fulton beschloß seine Laufbahn mit dem Bau einer schwimmenden Batterie, „Demologos“, welche der Kongreß zum Schutze des Hafens von New York in Auftrag gab und welcher als erster Kriegsdampfer in der Geschichte der Dampfschiffahrt berühmt geworden ist. Der „Demologos“ war ein Doppelschiff mit einem zwischen beiden Schiffsgefäßen eingebauten Schaufelrad. Die Dampfmaschine war durch starke hölzerne Umwallungen geschützt, und das Schiff trug 30 Geschütze. Fulton starb vor Fertigstellung dieses Baues am 24. Febr. 1815.

Joseph Ressel.
k. k. Marine Forstintendant.

603. Joseph Ressel.

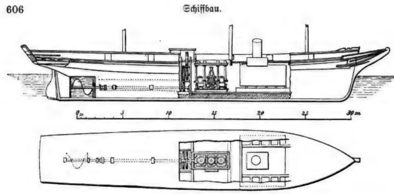
Schon im Jahre 1818 wurde alsdann die „Savannah“ vom Stapel gelassen, welche als erstes Dampfschiff später den Ozean durchkreuzte. Es besaß bei einer Länge von 30,5 m, einer Breite von 7,9 m und einem Tiefgang von 4,3 m eine Tragfähigkeit von 300 Tonnen. Die Seitenräder hatten einen Durchmesser von 4,9 m. Die „Savannah“ vollendete ihre erste Fahrt von Savannah nach Liverpool in 26 Tagen, wovon 18 Tage lang gedampft und die übrige Zeit ausschließlich gesegelt wurde.

Gegenüber den amerikanischen Erfolgen konnte man in Europa und vor allem in England nicht gleichgültig bleiben. Im Jahre 1811 erbaute der schottische Mechaniker Henry Bell in Helensburg mit Unterstützung von John Robertson in Glasgow und John Thomson den „Komet“, das erste Dampfboot der Alten Welt, welches im Jahre 1812 seine ersten Fahrten auf der Clyde zwischen Glasgow und Greenock machte. Als Treibkraft dienten je zwei Schaufelräder auf jeder Schiffsseite hintereinander gelagert. Als der „Komet“ bald durch schnellere Dampfboote verdrängt wurde, dehnte er seine Fahrten bis nach den schottischen Hochlanden aus und scheiterte im Jahre 1821 an der schottischen Küste. In England war man mit Bezug auf die Einführung der Dampfschiffahrt etwas zurückhaltender, so daß es im Jahre 1820 erst 43 kleine Schlepp- und Personendampfer

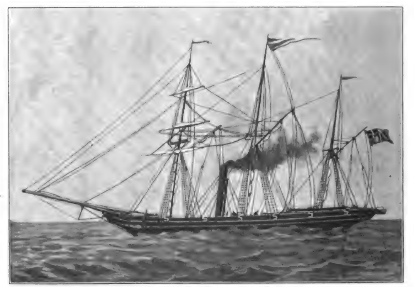
gab, während man in Deutschland und Frankreich gleichfalls mit dem Bau von Dampfschiffen für die Flüsse begonnen hatte.

Während so fast 30 Jahre das dampfgetriebene Schaufelrad den Segelschiffen erfolgreiche Konkurrenz machte und im besonderen auf den größeren Flüssen Amerikas und Europas die Raddampfer den Hauptverkehr an sich rissen, brachte die erfolgreiche Einführung der Schiffsschraube durch Smith in England und Ericsson in Amerika eine weitere Umwälzung in dem Schiffahrtsbetriebe mit sich. Zwar hatte der Österreicher Joseph Ressel bereits im Jahre 1829 ein Dampfschiff gebaut, welches von einer Schraube als Propeller getrieben wurde, die im Hinterschiff zwischen Hintersteven und Steuerruder gelagert war, doch veranlaßte das Reißen des Dampfrohres bei der sonst günstig verlaufenen Versuchsfahrt die Behörden, weitere Fahrten mit diesem Schiff zu untersagen. Obgleich nun Ressel für seine Erfindung in England und Frankreich Patente erhielt, so blieb sie zunächst ohne Ausführung. Erst im Jahre 1836 trat der englische Landwirt Smith (Abb. 604) auf dem Paddington Kanal und der Themse mit einem Boot auf, welches nach dem Vorbild von Ressel mit einer hölzernen Schraube als Propeller versehen war. Die Schraube hatte einfaches Gewinde und eine Länge von zwei vollen Gewindegängen, es war also ein Stück der schon von Archimedes zum Heben von Wasser konstruierten Wasserschraube oder Schnecke. Bei einer der Probefahrten schlug die Schraube auf einen festen Gegenstand im Wasser, so daß die Hälfte des Schraubengangs abbrach, und man bemerkte sofort mit Erstaunen, daß das Schiff schnellere Fahrt machte. Smith gab daher weiteren Schrauben nur die Länge eines Ganges. Mit einem Schiff von 34 Fuß Länge machte er dann Fahrten in See und bewies so, daß die Schiffsschraube sich in gleicher Weise auch für die Seeschiffe eigne. Durch diese Erfolge veranlaßt, beschloß die englische Admiralität im Jahre 1838 den Bau eines größeren Schraubendampfers. Die Abmessungen dieses Schiffes, welches „Archimedes“ (Abb. 605 bis 607) getauft wurde, sind folgende: Länge zwischen den Perpendikeln 32,6 m, Länge über alles 38 m, größte Breite 6,85 m, Raumtiefe 3,96 m, Tiefgang 2,9 m. Die von J. & G. Rennie erbaute Maschine bestand aus zwei Cylindern von 0,91 m Durchmesser und 0,91 m Hub und war mittschiffs montiert. Die Übertragung der Kraft auf die achtern unterhalb des Zwischendeckes gelagerte Schraubenwelle erfolgte durch zwei Satz Zahnräder mit einer Übersetzung von 1 : 5. Der Propeller war 1,5 m im Durchmesser und 2,4 m lang und war aus eisernen Platten gefertigt und auf der Schraubenwelle verkeilt. Das Gewicht von Maschine, Kessel, Schraube u. s. w. betrug 64 t. Nach den ersten Fahrten, bei welchen eine Geschwindigkeit von $9^3/_4$ Seemeilen erreicht wurde, wurde die Schraube in eine zweigängige, d. h. zweiflügelige geändert. Mit dieser

604. J. P. Smith.



Längenschnitt und Grundriß.



605 bis 607. **Der Schraubendampfer „Archimedes", erbaut 1888.**
Nach „The Engineer".

Schraube umfuhr der „Archimedes" ganz England, lief die Haupthäfen an und gab der Erbauer Smith so den Rhedern, Ingenieuren und Seeleuten Gelegenheit, sich von der Wirksamkeit und dem praktischen Nutzen der Schiffsschraube zu überzeugen.

Zu gleicher Zeit mit Smith machte der in England lebende schwedische Kapitän Ericsson (Abb. 608) Versuche mit einem Propeller, welcher aus zwei hintereinander angeordneten Rädern mit je acht Schaufelflächen bestand, welche sich entgegengesetzt drehten und deren Schaufelflächen in entgegengesetzter Richtung schraubenförmig auf dem Rad befestigt waren (Abb. 609). Die Räder waren hinter dem Ruder querschiffs gelagert, und war das vordere Rad auf einer hohlen Welle befestigt, durch welche die massive Welle des hinteren Rades hindurch ging. Die Drehung derselben erfolgte direkt von der Kurbel, die der hohlen Welle durch Einschaltung einer Welle und Stirnrädergetriebe.

Digitized by Google

Der mit diesem Propeller ausgerüstete Dampfer „Francis Ogden“ von 13,7 m Länge erzielte eine Geschwindigkeit von zehn Knoten. Trotz dieser günstigen Ergebnisse fand Ericsson in England keine Anerkennung. Er entschloß sich daher, mit Unterstützung des Amerikaners Stockton in Amerika ein eisernes Dampfboot „Robert Stockton“ zu erbauen und in Betrieb zu setzen. Dieses Schiff fand in Amerika bald weitere Nachfolger, so daß schon im Jahre 1843 41 Schiffe mit Ericssons Schrauben in Fahrt waren.

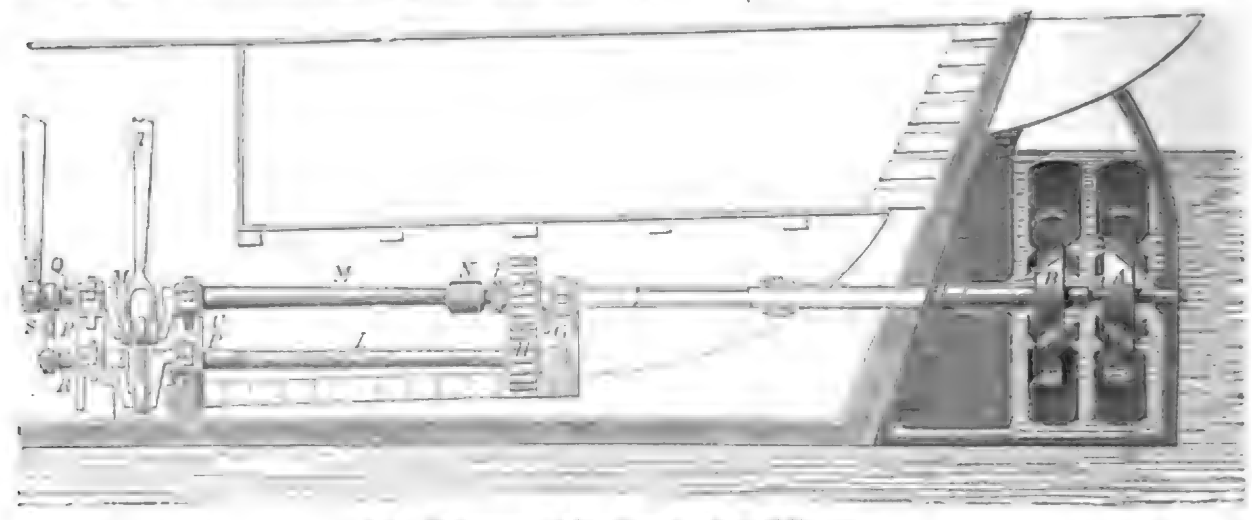
Nachdem so die Anwendung von Schaufelrädern und Schiffsschrauben für Fluß- und Seeschiffe als vorteilhaft anerkannt worden war, entwickelte sich die Dampfschiffahrt von Jahr zu Jahr derart, daß die Zahl der Dampfschiffe sowie die Größe und Fahrgeschwindigkeit derselben bald zu ungeahnten Verhältnissen sich steigerte. Schon im Jahre 1836 wurden in England drei größere Dampfschiffahrtsgesellschaften gegründet, welche den Verkehr zwischen England einerseits und Nordamerika, sowie Ostindien anderseits vermitteln sollten. Die „Peninsular and Oriental Steam Navigation Company“, gewöhnlich „P. & O. Company“ genannt, begann im Jahre 1840 mit den Radschiffen „Oriental“ und „Great Liverpool“ die Fahrten nach Alexandrien, die „Cunard-Linie“ fuhr zu gleicher Zeit mit vier Radschiffen „Britannia“, „Arcadia“, „Caledonia“, „Columbia“ regelmäßig von Liverpool nach Nordamerika, während die „Great Western Steamship Company“ eine Konkurrenzgesellschaft der „Cunard-Linie“ bildete. Das derselben gehörige Schiff „Great Western“ machte seine erste Fahrt von Bristol nach New York im April 1838 in 14 Tagen, und auf kurze Zeit trat mit demselben das erheblich kleinere Dampfschiff „Sirius“ in Wettbewerb. Der „Great Western“ (Abb. 610), hatte folgende Hauptdimensionen. Länge zwischen den Perpendikeln 64,6 m, größte Breite 10,7 m, Breite über den Radkasten 17,7 m, Raumtiefe 7,1 m, Tiefgang 4,9 m. Die von Maudslay, Sons & Field erbaute Seitenbalanciermaschine leistete 400 nominelle Pferdestärken (Abb. 611). Die Labyrinthkessel verbrauchten 30 t Kohlen pro Tag. Der „Great Western“ legte die Ozeanfahrt von Bristol nach New York durchschnittlich in 14 Tagen zurück. Dem „Great Western“ folgte sehr bald der weit größere „Great Britain“ derselben Gesellschaft, welcher im Jahre 1843 bei Patterson in Bristol vom Stapel lief. Die Hauptabmessungen des Schiffes waren: Länge zwischen den Perpendikeln 88,1 m, größte Breite 15,4 m, Raumtiefe 9,9 m, Tiefgang beladen 5,8 m, Deplacement 3480 t. Der „Great Britain“ wurde nach den Plänen von Brunel aus Eisen erbaut, obwohl dieses Material bisher nur vereinzelt für Seeschiffe in Anwendung gekommen war, und erhielt als Propeller eine vierflügelige Schraube von 4,7 m Durchmesser und 8,5 m Steigung (Abb. 612). Die Dampfmaschine von 1000 Pferdestärken

608. John Ericsson.

Digitized by Google

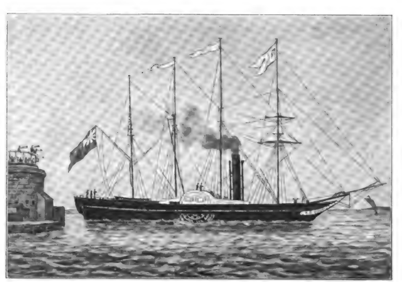
bestand anfänglich aus vier unter 45° geneigt liegenden Cylindern, von denen je zwei auf eine Kurbel wirkten. Von der Kurbelwelle wurde die Bewegung auf die Schraubenwelle mit einer Übersetzung von 1:3 durch Ketten übertragen. Die Geschwindigkeit betrug im Mittel $9\frac{1}{4}$ Seemeilen pro Stunde. Das Schiff begann im Herbst 1844 seine Fahrten, und schon bei seiner vierten Reise strandete es an der Küste von Irland und brachte infolgedessen die „Great Western Steamship Compagny“ zur Auflösung. Obwohl das Schiff elf Monate den Wellen preisgegeben war, erwies sich sein eiserner Schiffsrumpf nach dem Abbringen des Schiffes noch so brauchbar, daß der „Great Britain“ nach gründlicher Ausbesserung und Ausstattung mit einer Pennschen oscillierenden Maschine (Abb. 613), wobei die Kettentransmission durch kräftige Stirnräder ersetzt wurde und neue Kofferkessel mit einer Atmosphäre Arbeitsdruck eingebaut wurden, von einer Liverpooler Rhederei für Reisen nach Australien in Fahrt gestellt wurde. Abb. 614 zeigt den „Great Britain“ auf seiner ersten Ausreise nach Australien. Im Jahre 1873 wurde das Schiff in ein Segelschiff umgewandelt und strandete dann zum zweitenmal im Jahre 1886 an den Falklandsinseln. Nach dem Abbringen wurde der Schiffsrumpf als Hulk aufgebraucht.

Da der „Great Britain“ durch die erste Strandung einen glänzenden Beweis von der großen Widerstandsfähigkeit und Brauchbarkeit des Eisens als Baumaterial der

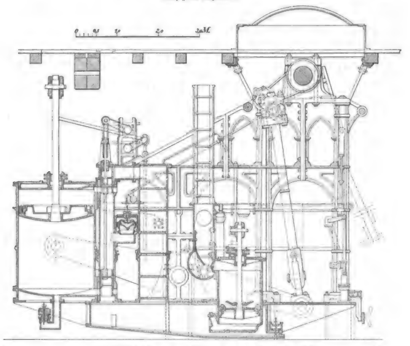


609. Ericssons Schaufelrad. Nach Rühlmann.

Schiffe geliefert hatte, so kam Brunel schon im Jahre 1851 auf den Gedanken, bei den stetig zunehmenden Handelsbeziehungen Englands mit Ostindien, durch Erbauung eines eisernen Riesenschiffes eine Verbindung zwischen diesen Ländern herstellen. Das Schiff sollte dementsprechend so groß werden, daß es imstande war, seinen ganzen Kohlenvorrat für diese Reise und zurück aufzunehmen. Ferner hielt man es für praktisch, die Schiffslänge ebenso groß zu wählen wie die Länge der größten Ozeanwelle, um die Stampfbewegungen des Schiffes nach Möglichkeit aufzuheben. Hiernach wählte Brunel folgende Hauptabmessungen. Länge zwischen den Perpendikeln 207,25 m, größte Breite 25,15 m, Raumtiefe 17,7 m, Tiefgang 9,14 m, Deplacement 27 400 t (Abb. 615). Nachdem Brunel durch seine begeisterten Vorträge das Geld zum Bau des Riesenschiffes zusammengebracht hatte, wurde der Bau des „Great Eastern“, eines der kühnsten Bauwerke des neunzehnten Jahrhunderts, ein gewaltiger Merkstein in der Entwickelung des Schiffbaues und der Dampfschiffahrt, im Jahre 1852 auf der Werft von Scott Russel in Millwall bei London begonnen. Für die Konstruktion des Schiffsrumpfes, welcher vollkommen aus Eisen gebaut wurde, nahm Brunel sich die im Jahre 1850 vollendete Britanniabrücke über die Menaistraße zum Vorbild, und nicht allein der Schiffsboden, sondern auch die Schiffsseiten bis zum Zwischendeck, sowie das Oberdeck auf die ganze Länge des Schiffes wurden nach dem Zellensystem ausgeführt (Abb. 616 u. 617). Das Zellensystem bestand aus der äußeren Schiffshaut und einem inneren Boden von je 19 mm dicken Platten, welche rund 900 mm voneinander entfernt waren und durch aus Platten und Winkeln gebildete Trägerkonstruktionen, die sogenannten Längsspanten, miteinander verstrebt und wasser-



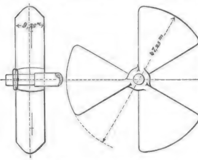
610. Raddampfer „Great Western“, erbaut 1838.
Nach „The Engineer“.



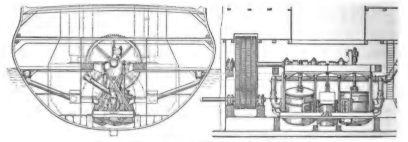
611. Maschine des „Great Western“. Nach „The Engineer“.

Digitized by Google

dicht verbunden wurden. Die Längsspanten waren derart auf dem Umfang des Hauptspants verteilt, daß der Schiffsboden, sowie die innere Bodenbeplattung sicher unterstützt waren. In ähnlicher Weise war das Oberdeck durch eine Zellenkonstruktion verstärkt und auf diese Weise in stand gesetzt, die durch die Biegungsbeanspruchungen des Schiffes dort auftretenden bedeutenden Zug- und Druckspannungen aufzunehmen. Neben diesen starken Längsverbänden waren auf die ganze Länge der Maschinen- und Kesselräume, rund 120 m, zwei Längsschotte, wie aus Abb. 616 u. 617 ersichtlich, angeordnet, welche vom inneren Boden bis zum Oberdeck reichten und neben dem Nutzen eines hervorragenden Verbandes für den Schiffsrumpf den Vorteil brachten, das Innere des Schiffes in eine größere Zahl wasserdichter Abteilungen zu trennen. Dieses wurde auch durch zehn wasserdichte Querschotte begünstigt, welche sämtlich bis zum Oberdeck hinaufreichten und auf diese Weise einen soliden Querverband herstellten.


612. Schraube des „Great Britain“.

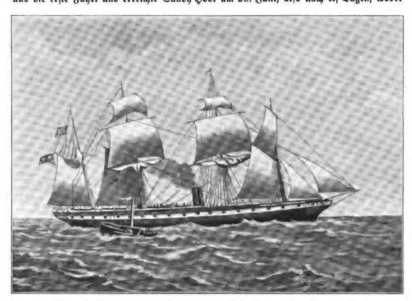
Die Maschinenanlage bestand aus einer viercylindrigen liegenden Maschine von 4000 indizierten Pferdestärken, von James Watt & Co. in Soho erbaut (Abb. 618), zum Betrieb der Schiffsschraube von 7,3 m Durchmesser und 12 m Steigung bei einer Umdrehungszahl von 39 pro Minute, und aus einer oscillierenden Radmaschine mit vier Cylindern von 3650 indizierten Pferdestärken, von Scott Russel erbaut, welche die beiden Schaufelräder von anfangs 17 m, später 14,6 m Durchmesser mit einer Umdrehungszahl von 11 pro Minute bewegten. Den Dampf von 1,6 Atmosphären Druck lieferten 10 Kofferkessel mit einer gesamten Rost- und Heizfläche von 200 qm und 4270 qm. Je zwei Kessel waren in einem Heizraum aufgestellt und an einen Schornstein angeschlossen. Außerdem waren noch verschiedene Hilfsmaschinen zum Betrieb der Ankerwinden, Kräne, Pumpen u. s. w. aufgestellt. Der mittlere tägliche Kohlenverbrauch bei voller Maschinenleistung stellte sich auf 380 t. Da die Kohlenbunker 10000 t Kohlen fassen konnten, so reichte der Kohlenvorrat für 27 Dampftage. Neben dem Dampfbetrieb war die Fortbewegung des gewaltigen Schiffes auch durch Segel vorgesehen. Der „Great Eastern“ war dementsprechend mit sechs Masten ausgerüstet, zwei mit Raatakelage und vier mit Schratsegeln versehen (Abb. 615). Die Masten mit Ausnahme des Kreuzmastes sowie die Raaen waren aus Eisen. Die Hauptraa war beispielsweise 37 m lang bei 840 mm im Durchmesser und bei einem Gewicht von 16 t.


613. Maschine des „Great Britain“. Nach „The Engineer“.

Schon während des Baues dieses Riesenschiffes traten erhebliche Schwierigkeiten auf, welche auf die Rentabilität des Unternehmens ungünstig einwirkten. Wegen der

Digitized by Google

großen Länge des Schiffes hatte Brunel Bedenken, das Schiff in der bisher üblichen Weise längsschiffs vom Stapel zu lassen. Der „Great Eastern" wurde daher auf einer Querhelling erbaut, d. h. die Längsrichtung des Schiffes parallel zum Ufer, infolge des bedeutenden Ablaufgewichtes des Schiffes, 10 000 bis 11 000 t, und des hierdurch sehr bedeutenden Flächendruckes auf die Ablaufsbahn gab der Baugrund nach, so daß das Schiff vom 5. November 1857 bis zum 30. Januar 1858 stückweise verholt und so allmählich zu Wasser gebracht werden mußte, was allein einen Kostenaufwand von 600 000 Mark verursachte. Infolgedessen wurde das Schiff im Dezember 1858 an eine neue Gesellschaft für 3 200 000 Mark verkauft, welche alsdann den Bau fortsetzte und im September 1859 zu Ende führte. Man stellte das Schiff zunächst für die Fahrt nach Amerika in Dienst. Am 17. Juni 1860 begann der „Great Eastern" von Southampton aus die erste Fahrt und erreichte Sandy Hook am 28. Juni, also nach elf Tagen, wobei

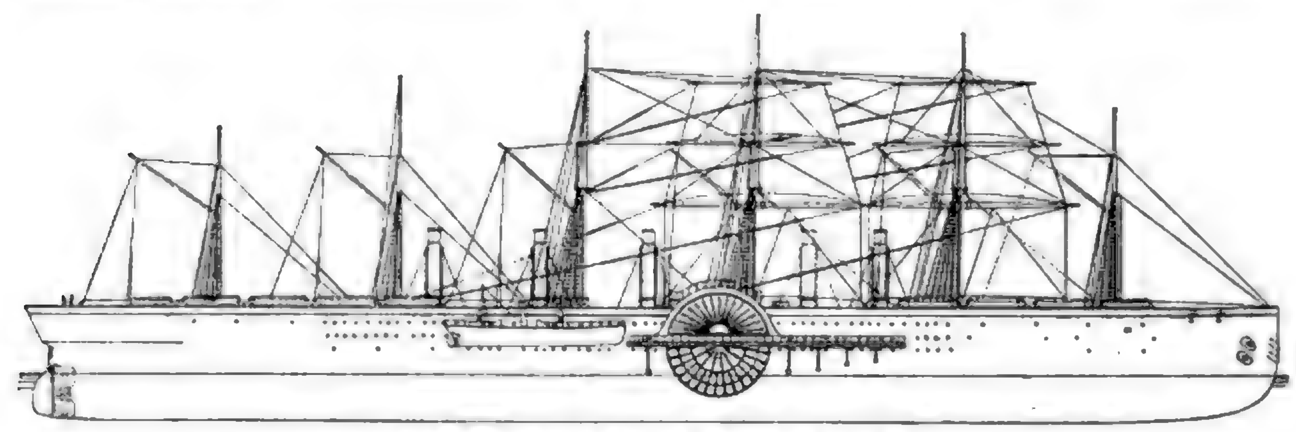


614. Schraubendampfer „Great Britain", erbaut 1843. Nach „The Engineer".

eine größte Geschwindigkeit von 14½ Seemeilen pro Stunde erreicht wurde, welche Leistung um so höher anzuschlagen ist, als ein Zusammenwirken von Rad- und Schraubenpropeller noch nicht erprobt war. Auf der vierten Reise lief das Schiff vor New York auf ein Felsenriff und riß hierbei die äußere Schiffshaut rund 26 m lang auf. Da zum Trockenstellen des Schiffes die vorhandenen Docks nicht ausreichten, so mußte die Ausbesserung durch Taucher erfolgen, eine Arbeit, welche fast 90 000 Mark erforderte. Der Passagier- und Frachtverkehr zwischen England und Amerika erwies sich jedoch bald als unrentabel, so daß diese Fahrten eingestellt wurden. Später fand dann der „Great Eastern" zum Legen der transatlantischen Kabel Verwendung. Dann wurde er als Hulk und Kohlendepot benutzt und schließlich im Jahre 1888 auf Abbruch verkauft. Die Lebensdauer des „Great Eastern" weist demnach vom Beginn des Baues bis zum Abbruch nur 36 Jahre auf. Trotz der gewaltigen Mühen und mannigfachen Verbesserungen, welche die Erbauer des Schiffes und der Maschinen aufgewandt hatten, entsprach der „Great Eastern" nicht jenen ursprünglichen Zwecken. So trübe auch sein finanzieller Erfolg war, so glänzend ist dennoch sein technischer Triumph zu nennen. Ja für den Schiffbauer ist seine

sinnreiche Bauweise, die ausgiebige Anwendung des Längsspantensystems in Verbindung mit einem inneren wasserdichten Boden bis auf die heutige Zeit vorbildlich gewesen.

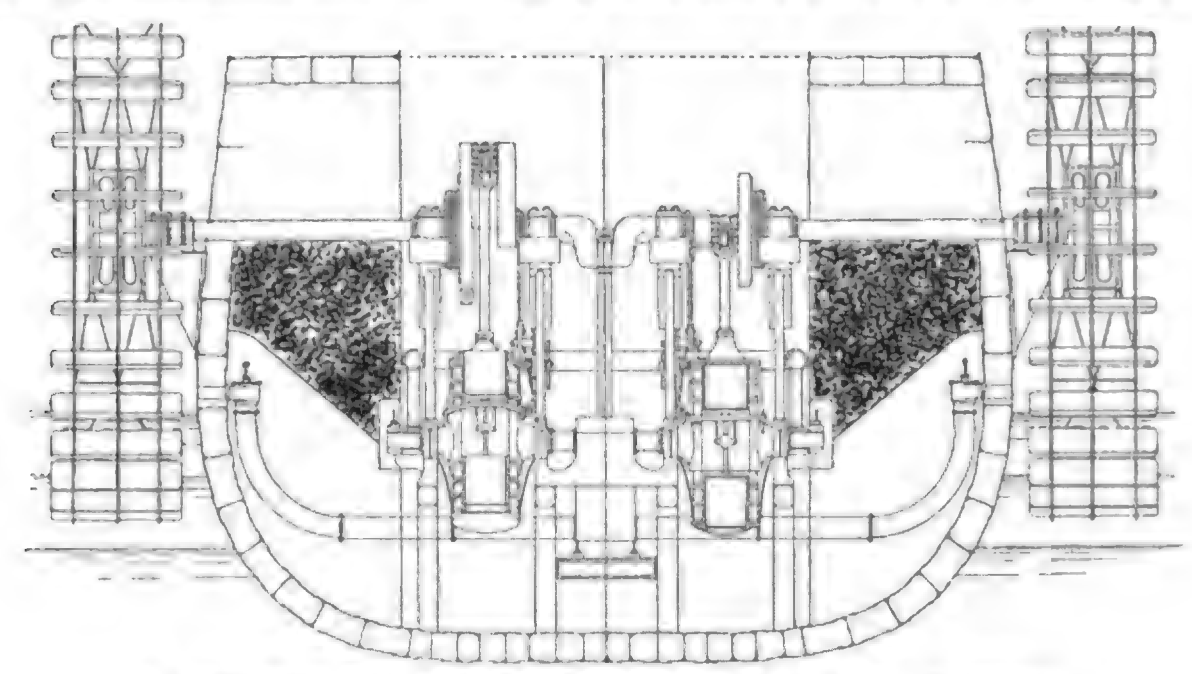
Das traurige finanzielle Resultat des „Great Eastern“ schreckte die übrigen Dampfergesellschaften zunächst davon ab, Dampfer von ähnlichen Abmessungen zu erbauen, zumal es bei dem damaligen Personen- und Frachtverkehr nicht möglich war, die große Zahl von Fahrgästen sowie eine Ladung von 6000 t für jede Überfahrt zusammenzubringen. Und so gingen die Dampfergesellschaften wieder zu kleineren Schiffsdimensionen über und blieb man längere Zeit bei Schiffslängen von 100 bis 120 m stehen, während die Geschwindigkeit beibehalten wurde. Dagegen brachen sich nunmehr allmählich die Bestrebungen Bahn, die Ökonomie der Schiffsmaschinen durch Steigerung der Dampfspannung, Ausnutzung der hochgespannten Dämpfe durch eine mehrstufige Expansion, sowie durch Einführung der Oberflächenkondensation zu verbessern und hierdurch den Kohlenverbrauch herabzusetzen, denn die Kohlenersparnisse verminderten nicht allein die Betriebskosten der Dampfschiffe wesentlich, sie brachten auch Mehreinnahmen an Frachten ein, da durch Herabsetzung des Kohlenvorrats für die Reise die Ladefähigkeit entsprechend gesteigert werden konnte.



615. Der „Great Eastern“, erbaut 1852—1859.

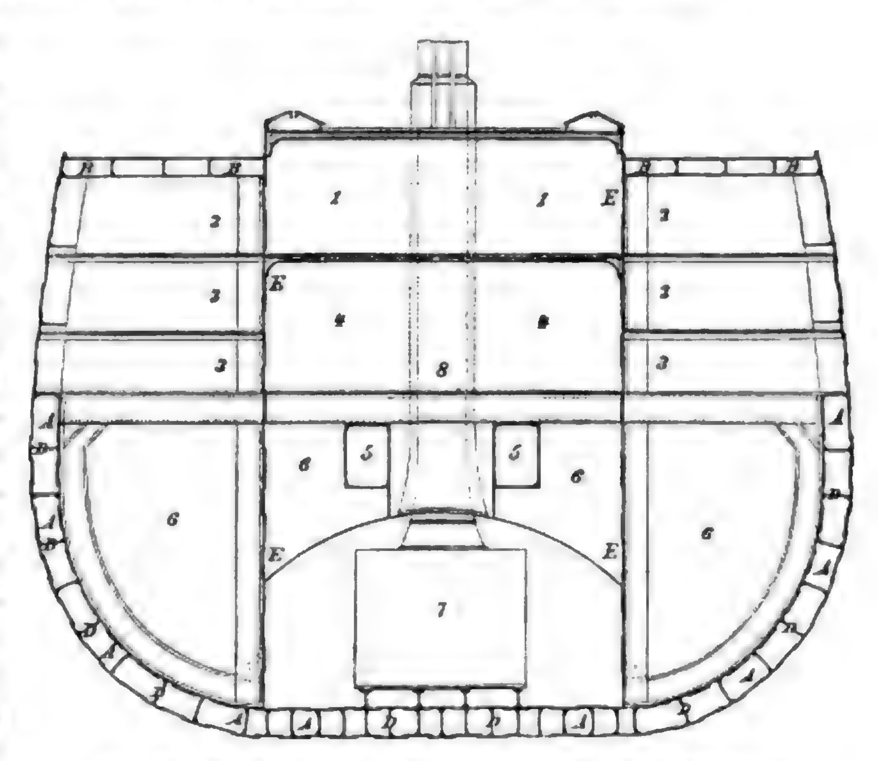
Die Bestrebungen, die Ökonomie der Schiffsmaschinen zu verbessern, beginnen schon zu Anfang des 19. Jahrhunderts. Im Jahre 1804 erbaute Arthur Woolf eine doppeltwirkende Maschine, bei welcher der Dampf vom Kessel zunächst in einen kleineren Hochdruckcylinder eintrat, in demselben expandierte, dann in einen größeren Niederdruckcylinder übertrat, um durch weitere Expansion noch einmal Arbeit zu verrichten und schließlich in einem Wattschen Einspritz-Kondensator niedergeschlagen wurde. Die Kolben der beiden Cylinder wirkten entweder vereinigt auf eine Kurbel oder getrennt auf zwei nicht gegeneinander versetzte Kurbeln, so daß sie stets gleichzeitig auf dem toten Punkt standen, was den Nachteil mit sich brachte, daß die Manövrierfähigkeit sowie die Gleichförmigkeit des Ganges der Maschine eine ungünstige war. Man war daher bestrebt, die Woolfsche Maschine mit nebeneinander liegenden Cylindern derart umzugestalten, daß man den Dampf aus dem Hochdruckcylinder nicht direkt in den Niederdruckcylinder überströmen ließ, sondern eine Zwischenkammer, den sogenannten Receiver einschaltete, wodurch es möglich wurde, die Kurbeln unter 90 Grad gegeneinander zu versetzen. Dieser Gedanke wurde zuerst im Jahre 1826 von Roentgen, von Geburt ein Deutscher, in die Praxis übertragen, indem er in Fijenoord in Holland die aus England bezogenen Hochdruckmaschinen der Dampfer „James Watt“ und „Herkules“ nach dem sogenannten Verbundsystem umbaute. Im Jahre 1834 nahm dann Roentgen auf seine Hoch- und Niederdruckmaschine ein Patent, und in der Patentschrift ist bereits auf eine mehrfache Expansionsmaschine hingewiesen und die Anwendung eines hohen Kesseldrucks und von Dampfmänteln empfohlen. Da dieses Patent in England und Frankreich auf den Namen des Vertreters von Roentgen, Ernest Wolf, eingetragen wurde, so galt allgemein Wolf als Erfinder der Verbundmaschine. Trotz der günstigen Erfolge der von Roentgen gebauten Verbundmaschine kam dieselbe für die Dampfschiffahrt zunächst nicht in Aufnahme. Erst als

im Jahre 1858 John Elder in Glasgow die Roentgensche Verbundmaschine mit dem Hallschen Oberflächenkondensator vereinigte, wurde die nunmehr mit dem Namen „Compoundmaschine“ belegte zweifache Expansionsmaschine allgemein eingeführt, zumal dieselbe eine Kohlenersparnis von im Mittel 33 Prozent gegenüber einer einfachen mit Oberflächenkondensation versehenen Expansionsmaschine aufwies. Dieser außer-



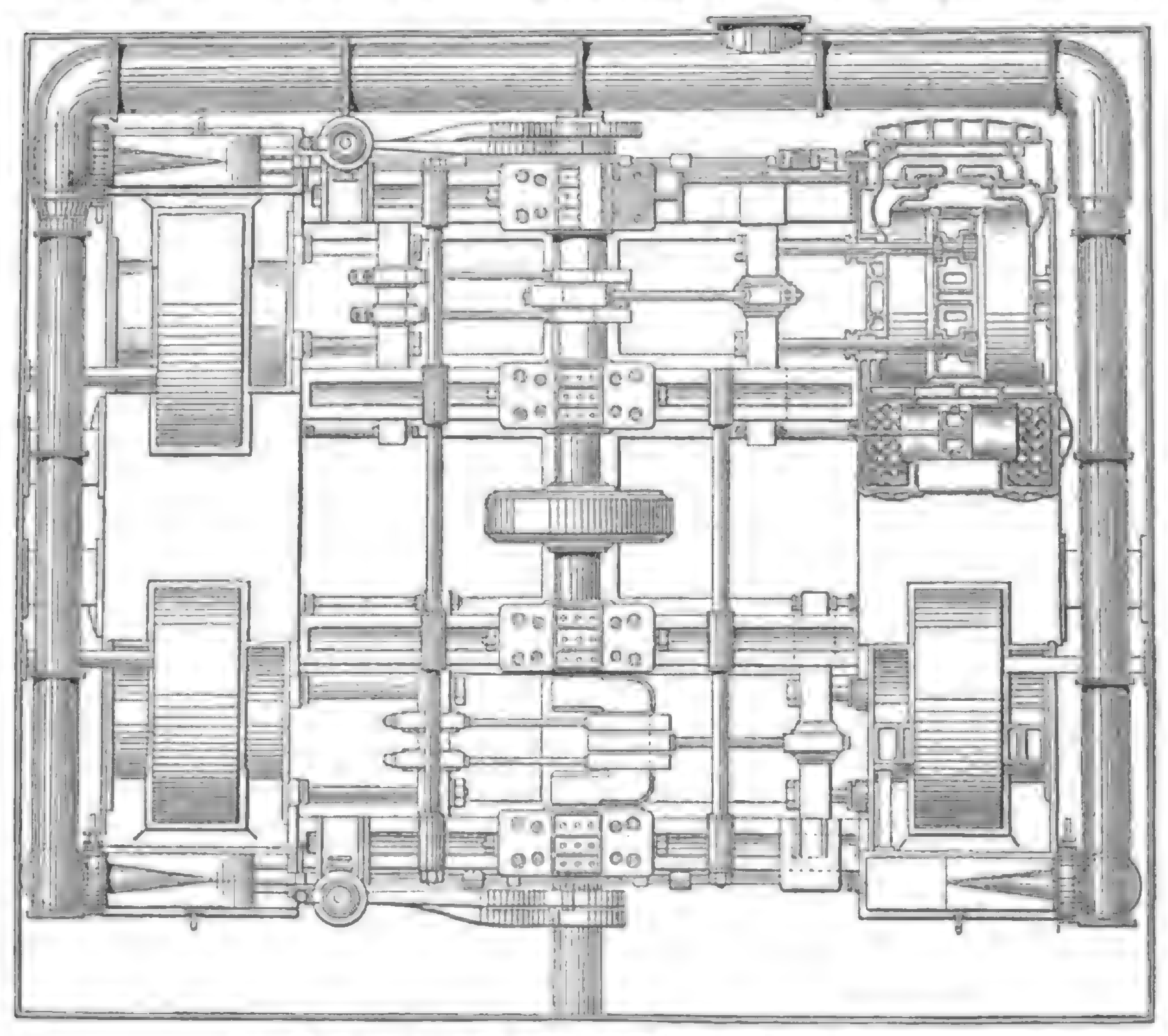
616. Der „Great Eastern“. Schnitt durch den Maschinenraum. Nach „The Engineer“.

ordentliche Erfolg regte dann zu einer weiteren Steigerung der Kesselspannung und zur Einführung der dreifachen Expansionsmaschine an, welche mit Erfolg zuerst im Jahre 1881 von Kirk in Glasgow in Verbindung mit einem Cylinderkessel aus Stahl und mit 9½ Atmosphären Dampfspannung für den Dampfer „Aberdeen“ erbaut wurde. Und so wurde seit Beginn der transatlantischen Dampfschiffahrt im Jahre 1840 mit Niederdruckmaschinen und Einspritzkondensation bis zur Einführung der dreifachen Expansionsmaschine der Kohlenverbrauch der Schiffsmaschinen von 2,3 kg pro indizierte Pferdestärke auf 0,65 kg herabgedrückt. Durch Einführung des Pockholzes für die Wellenrohrlager durch Penn 1854, durch Steigerung der Umdrehungsanzahl der Kurbelwelle in Verbindung mit dem Anwachsen der Kolbengeschwindigkeit bis zu 5 m pro Sekunde, sowie durch die Verteilung der Arbeit auf zwei Schrauben, zuerst von J. und W. Dudgeon im Jahre 1862 auf dem Dampfer „Flora“ ausgeführt (Ab. 619), waren endlich die Wege



617. Querschnitt durch den „Great Eastern“. Nach Rühlmann.
A Doppelboden, B Oberdeck, D Längsspanten, E Längsschotte, 1 Oberer Salon, 2 Kammern, 3 Kammern, Bäder, 4 Unterer Salon, 5 Tunnel, 6 Kohlenbunker, 7 Kessel, 8 Schornstein.

gewiesen, auf welchen ein weiterer Fortschritt zur Steigerung der Maschinenkraft bei rationeller Ausnutzung des Brennmaterials und Einschränkung des für Maschinen und Kesselanlage verfügbaren Gewichtes möglich war. Bei den Kriegsschiffsmaschinen hat man im besonderen die Forcierung der Kessel mit Rücksicht auf Gewichtsersparnisse noch weiter getrieben durch Verwendung der leistungsfähigeren, aber empfindlicher arbeitenden Lokomotivkessel, sowie durch allgemeine Einführung von Wasserrohrkesseln mit hoher Dampfspannung. In Verbindung hiermit wurde durch künstliche Ventilation Luft in den Heizraum gepreßt und die Verbrennung der Kohlen auf dem Rost durch reichliche Zuführung von Sauerstoff und inniges Vermischen der Luft mit den erzeugten Heizgasen von 80 bis 90 kg auf 300 bis 400 kg pro 1 qm Rost und pro Stunde gesteigert, doch erwies



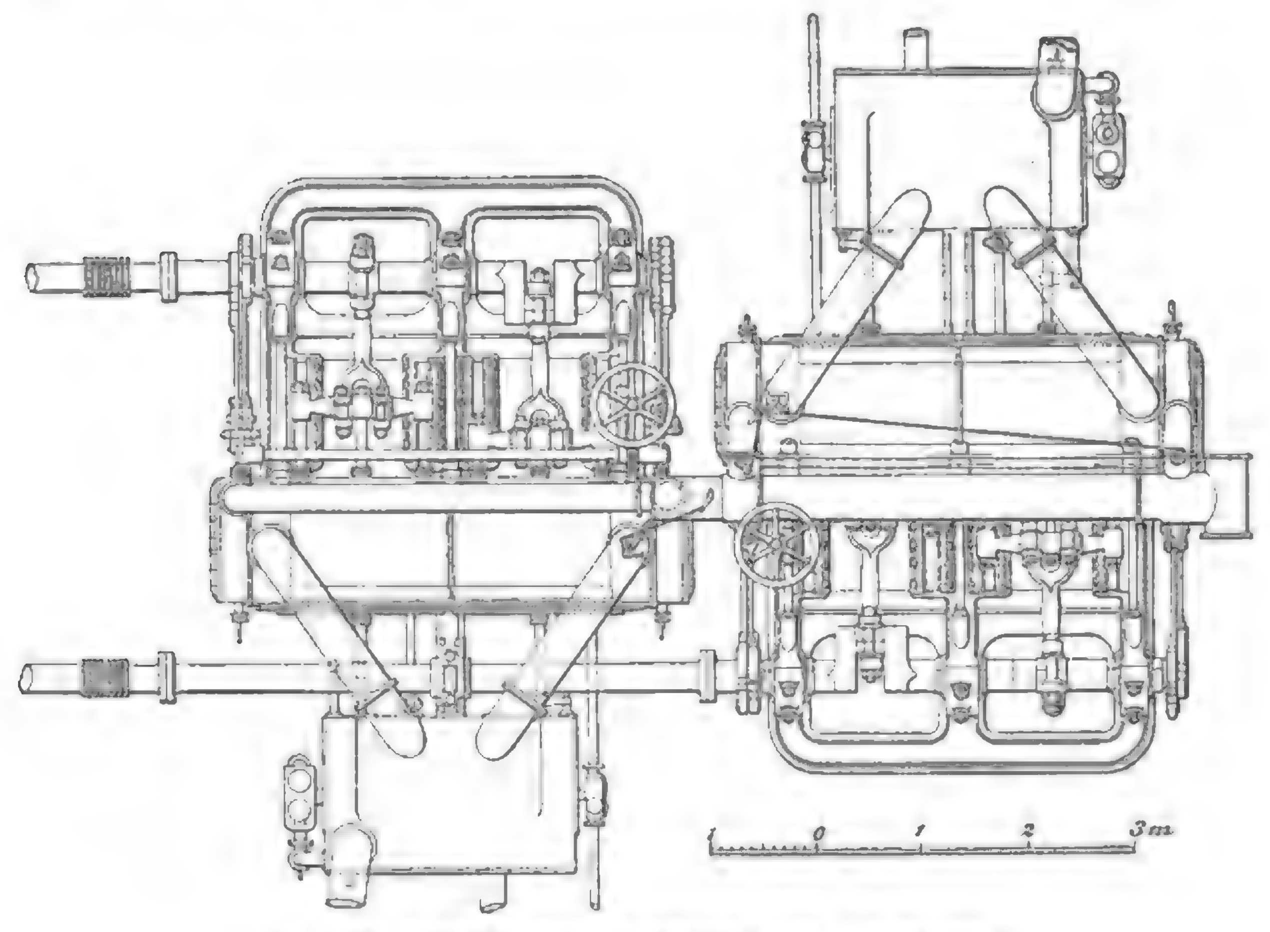
618. Maschinenanlage des „Great Eastern". Nach „The Engineer."

sich dieses Hilfsmittel bald als gefährlich für die Lebensdauer und Haltbarkeit der Kessel, so daß die Forcierung mit Windgebläse meist auf besondere Fälle beschränkt wurde.

Nach dem Zusammenbruch der Great Western Company bildete sich neben der „Cunard-Linie" die von Amerika subventionierte „Collins-Linie", welche die Fahrten mit vier hölzernen Raddampfern mit Seitenhebelmaschinen im Jahre 1850 aufnahm, jedoch bald den kostspieligen Wettbewerb mit der „Cunard-Linie" aufgeben mußte. An ihre Stelle trat die „Inman-Linie", welche die Fahrten schon im Jahre 1850 mit der „City of Glasgow" begann. Die Überfahrten dauerten zu jener Zeit zwischen Liverpool und New York elf bis zwölf Tage.

Im Jahre 1856 trat dann die „Hamburg-Amerikanische Paketfahrt-Aktiengesellschaft", im Jahre 1857 der „Norddeutsche Lloyd" in Bremen und im Jahre 1861 die französische „Compagnie Générale Transatlantique" in den Mitbewerb ein. Diesem zu be-

gegnen, baute die „Cunard-Linie“ die „Scotia“ von 115,5 m Länge, bekannt als der letzte große transatlantische Raddampfer, welcher die Ozeanfahrt in neun Tagen zurücklegte. Im Jahre 1862 folgte seitens der „Cunard-Linie“ der erste Schraubendampfer „China“, während die „Inman-Linie“ bei der „City of Paris“ — das erste Schiff dieses Namens — und der „City of Brussels“ die Compoundmaschine zur Verringerung des Kohlenverbrauchs einführte. Später trat im Jahre 1874 die „White Star-Linie“ mit zwei Dampfern, „Britannic“ und „Germanic“, auf den Plan, während die 1863 errichtete „Guion-Linie“ im Jahre 1879—1881 mit den Schnelldampfern „Arizona“' „Alaska“ und „Oregon“ die Reise von Liverpool nach New York auf 7 Tage herunterdrückte. Im Jahre 1881 stellte die „Cunard-Linie“ infolgedessen die „Servia“, die „Inman-Linie“ die später an die „Anchor-Linie“ verkaufte „City of Rome“ in Fahrt, es folgten 1884 die „Umbria“ und „Etruria“, während der „Norddeutsche Lloyd“ von 1881—1889 neun

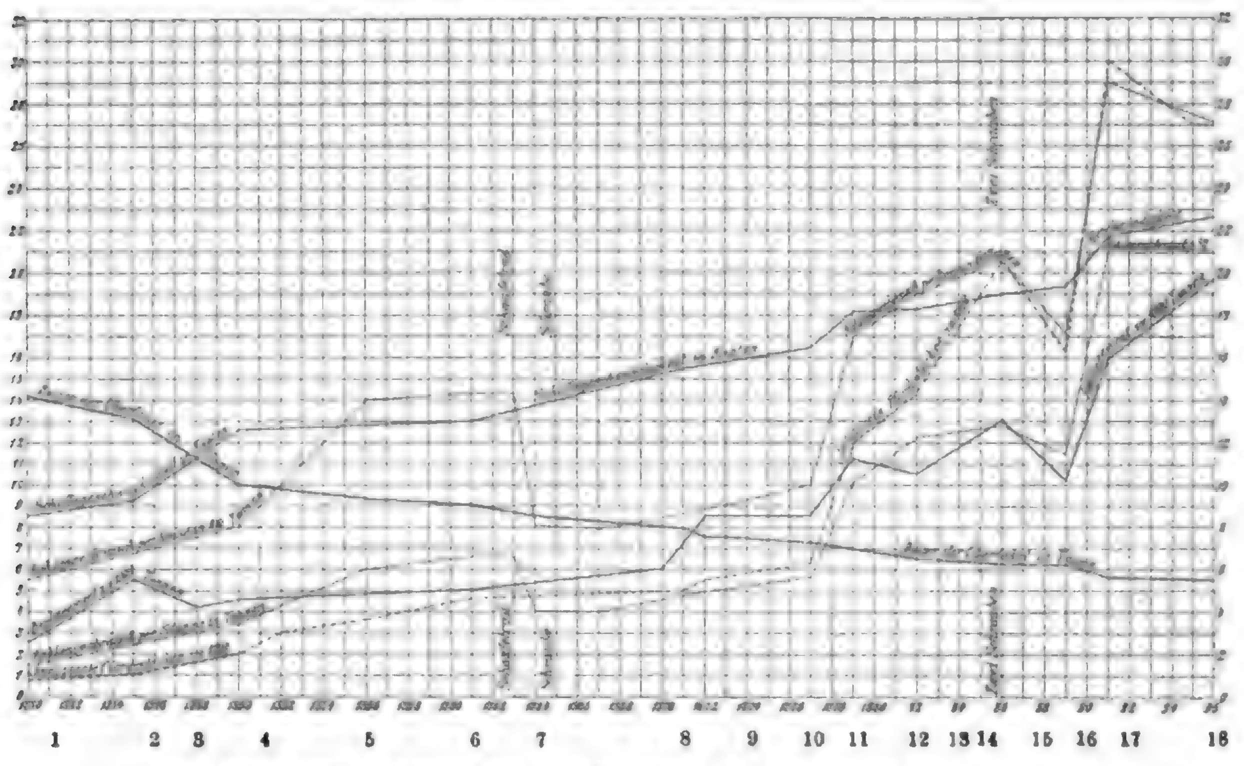


619. Zweischraubenmaschine von Dudgeon. Nach „The Engineer“.

Schnelldampfer erbauen ließ, von der „Elbe“ mit 16 Seemeilen Geschwindigkeit beginnend bis zur „Lahn“ mit 18 Seemeilen. Dann übernahm die „Inman-Linie“ im Jahre 1888 die Führung durch den Bau und die Infahrtsetzung der ersten Doppelschrauben-Schnelldampfer, der neuen „City of Paris“, welche durch den Zusammenbruch ihrer Maschine im März 1890 zu so trauriger Berühmtheit gelangt ist, sowie der „City of New York“. Schiffe von 13000 t Deplacement und zwei dreifachen Expansionsmaschinen von zusammen 20600 indizierten Pferdestärken, welche die Ozeanfahrt in sechs Tagen forcierten. Es folgte im Jahre 1889—1891 die „Hamburg-Amerikanische Paketfahrt“ mit den in England erbauten Doppelschraubenschiffen „Columbia“ und „Normannia“, sowie mit den ersten auf deutscher Werft („Aktiengesellschaft Vulkan“ bei Stettin) erbauten Doppelschraubenschiffen „Augusta Victoria“ und „Fürst Bismarck“, Schiffen von rund 10500 t Deplacement und zwei dreifachen Expansionsmaschinen von zusammen 16000 indizierten Pferdestärken, ferner die „White Star-Linie“ mit der „Teutonic“ und „Majestic“ von 12000 t Deplacement und Maschinen von 18000 bis

19 000 indizierten Pferdestärken, bis im Jahre 1893 der Bau der Riesenschiffe mit den Doppelschraubenschiffen „Campania“ und „Lucania“ der „Cunard-Linie“, Schiffen von 15 300 t Deplacement und 30 000 indizierten Pferdestärken zunächst einen Abschluß fand. Erst im Jahre 1897 übernahm der „Norddeutsche Lloyd“ mit dem auf einer deutschen Werft — „Aktiengesellschaft Vulkan“ bei Stettin — erbauten Doppelschraubendampfer „Kaiser Wilhelm der Große“ die Führung in dem transatlantischen Schnelldampferverkehr. Seine schnellsten Überfahrten von Southampton nach New York erfolgten in fünf Tagen und 19 Stunden.

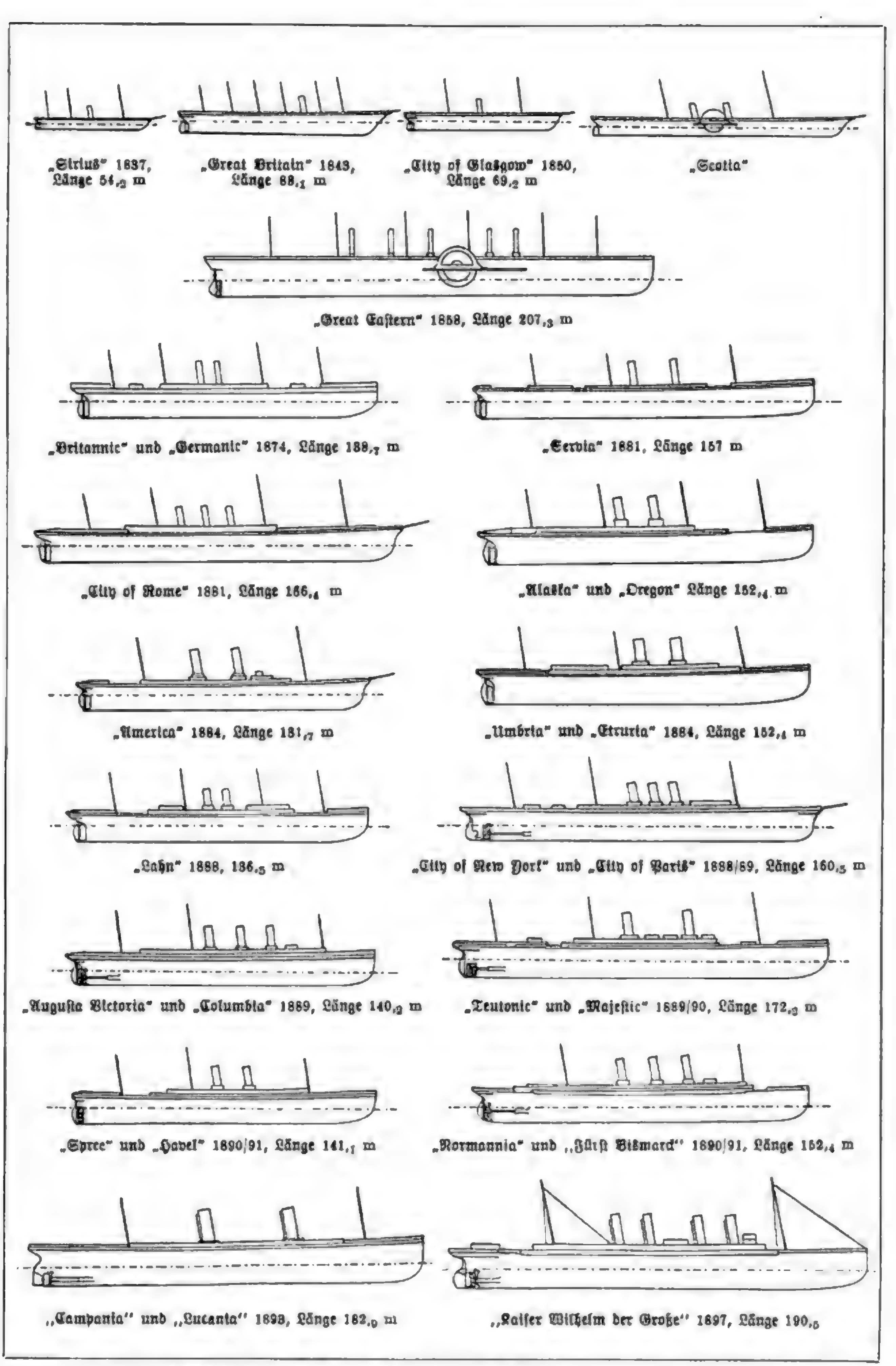
„Kaiser Wilhelm der Große“ erreicht bei einer Länge über alles von 197,7 m, einer Länge zwischen den Perpendikeln von 190,5 m, einer Breite von 20,1 m und einem Tiefgang von 8,5 m, ein Deplacement von 20 800 t. Mit einer Maschinenkraft von 27 000 indizierten Pferdestärken, auf zwei Maschinen bezw. Schrauben verteilt, hat er eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 22½ Seemeilen pro Stunde erzielt, wobei der Kohlenverbrauch 500 t pro Tag beträgt.



620. **Graphische Darstellung der Beschleunigung der Dampferfahrten, 1840—1896.**

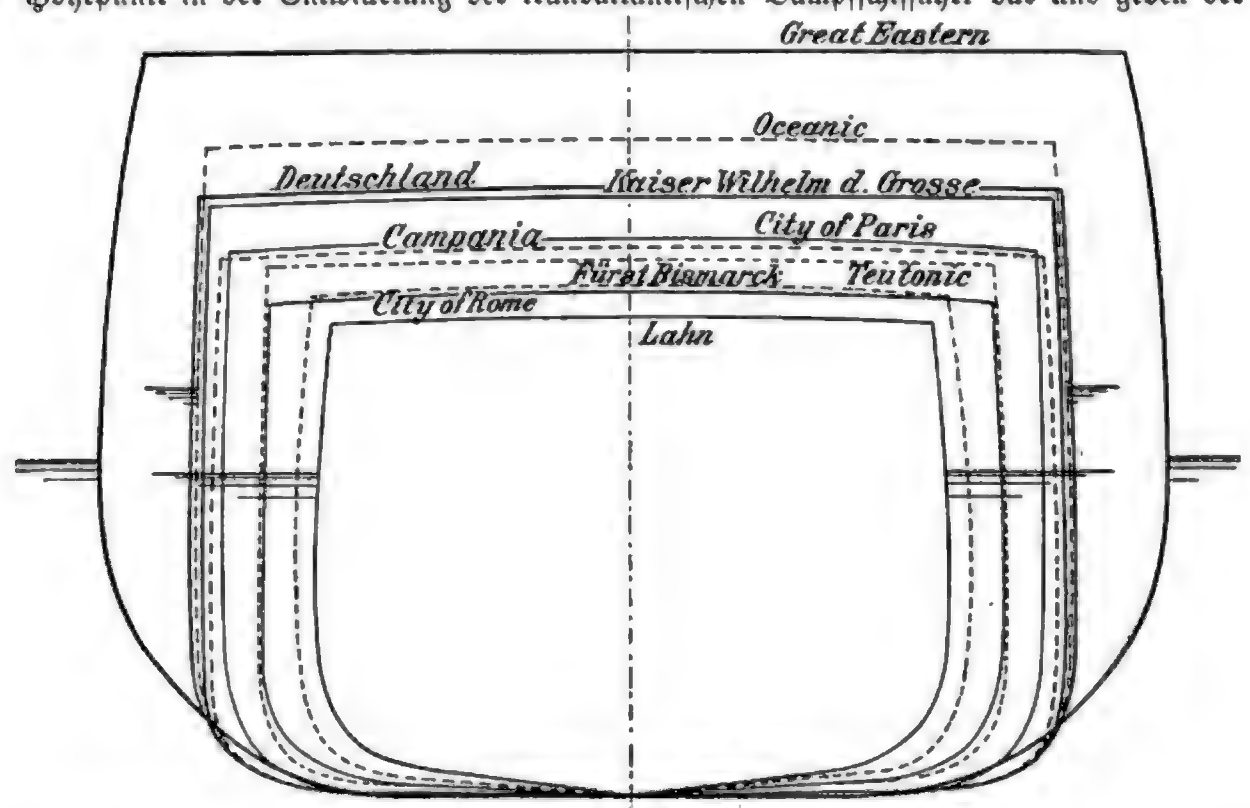
1 Cunardlinie: „Great Western“, 2 „Great Britain“, 3 „America“, 4 Collinslinie und Cunardlinie (Asia), 5 „Persia“, Hamburg-Amerikanische Paketfahrt, Norddeutscher Lloyd, 6 Inmanlinie, Comp. Général transatlant., 7 „Great Eastern“, 8 „Gallia“, „City of Berlin“, 9 „Britannic“, „Germanic“, 10 „Arizona“, 11 „Servia“, „City of Rome“, „Alaska“, 12 „Umbria“, „America“, 13 „Etruria“, 14 „Lahn“, 15 „City of Paris“, „Teutonic“, „Columbia“, 16 „Fürst Bismarck“, 17 „Campania“, 18 „Kaiser Wilhelm der Große“.

Diese gewaltigen Steigerungen an Größe und Geschwindigkeit der Schiffe und vor allem an Leistung der Maschinenanlagen sind jedoch noch nicht zum Abschluß gekommen. Der von der Hamburg-Amerika-Linie bei der „Aktiengesellschaft Vulkan“ in Bau gegebene und im Sommer des Jahres 1900 die Fahrten aufnehmende Schnelldampfer „Deutschland“ übertrifft den „Kaiser Wilhelm der Große“ an Länge noch um 12½ m, sein Deplacement beträgt 23000 t, die Maschinenanlage soll 33000 indizierte Pferdestärken entwickeln und es ist von der Bauwerft eine Geschwindigkeit von 23 Seemeilen pro Stunde gewährleistet. Die bisher noch nicht wieder erreichten Größenverhältnisse des Great Eastern sind durch den bei Harland & Wolf in Belfast für die White-Star-Linie erbauten Schnelldampfer „Oceanic“ bereits überholt worden; dieses Schiff besitzt bei einer Länge zwischen den Perpendikeln von 208,8 m und einer Länge über alles von 214,2 m ein Deplacement von 28500 t, also 1000 t mehr als der verflossene Great Eastern, während seine Geschwindigkeit bei einer Maschinenleistung von 23000 in-



621. Größenverhältnisse der Passagier- und Schnelldampfer 1837–1897.

dizierten Pferdestärken nur 19 Seemeilen pro Stunde beträgt, also wesentlich gegen die Fahrtergebnisse des „Kaiser Wilhelm der Große“ zurückbleibt. Um die Überlegenheit der deutschen Schnelldampfer gegenüber den englischen auch mit Bezug auf die Größe anzustreben, hat im Jahre 1900 der Norddeutsche Lloyd einen Schnelldampfer bei der „Aktiengesellschaft Vulkan“ in Auftrag gegeben, welcher an Größe der „Oceanic“ nahe kommt, an Geschwindigkeit jedoch der „Deutschland“ ebenbürtig sein soll. Der Neubau erhält bei einer Länge über alles von 214,5 m ein Deplacement von 26 000 t, und die Maschinen von 38000 indizierten Pferdestärken sollen dem Schiff eine Geschwindigkeit von 23 Seemeilen pro Stunde verleihen. Und so stellen die neuesten Schnelldampfer des Norddeutschen Lloyd und der Hamburg-Amerika-Linie, Erzeugnisse deutschen Schaffens und Fleißes, mit ihren bisher unerreicht dastehenden Leistungen den Höhepunkt in der Entwickelung der transatlantischen Dampfschiffahrt dar und geben der



622. Querschnitte der größten Schnelldampfer 1888—1900.

deutschen Flagge auf See einen Vorsprung anderen Nationen gegenüber, welcher auch für die nächsten Jahre anzuhalten scheint, da von fremden Rhedereien Schiffe ähnlicher Leistungen nicht in Bau gegeben sind.

Die Entwickelung des Schnelldampferverkehrs zwischen Liverpool bezw. Southampton und New York vom Jahre 1840—1896 ist in den schnellsten Fahrten durch die Abb. 620 graphisch dargestellt. Aus der Abbildung sind neben dem Wachsen der Schiffsgeschwindigkeiten und der hierdurch stetig abnehmenden Überfahrtszeit die Tonnengehalte der Schiffe, die Leistungen der Schiffsmaschinen sowie der entsprechende Kohlenverbrauch pro Reise in ihren wechselnden Größen zu ersehen. Die Tafel (Abb. 621) gibt die Größenverhältnisse der Schnelldampfer innerhalb dieses Zeitraumes und die Abb. 622 die Hauptspantflächen der wichtigsten Schiffe in gleichem Maßstabe wieder, welche in das des „Great Eastern“ eingezeichnet sind.

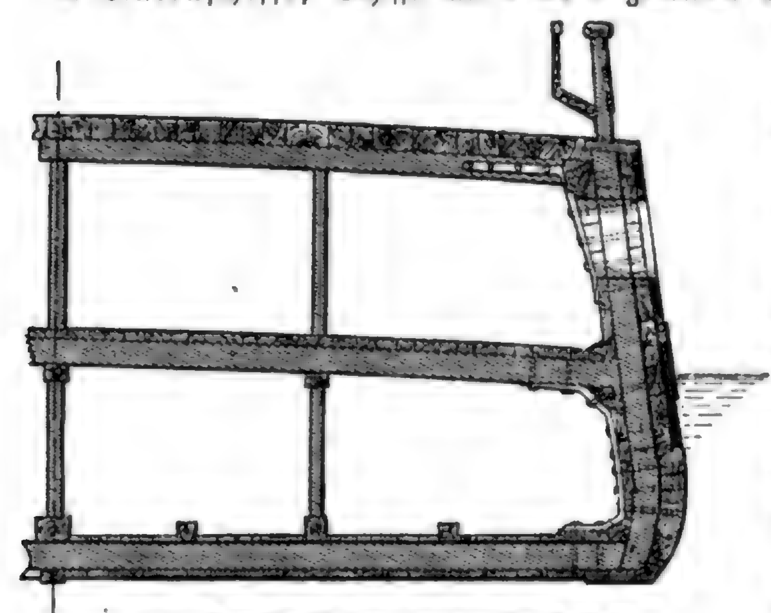
Der **Kriegsschiffbau**, welcher in dem Zeitalter der hölzernen Linienschiffe zwei Jahrhunderte lang bis zum Anfange des 19. Jahrhunderts keine nennenswerten Fortschritte zu verzeichnen hatte, begann mit der Einführung des Dampfes als Treibkraft einen neuen Aufschwung zu nehmen, sowohl mit Bezug auf die Bauart und die Formen der Kriegsschiffe als auch mit Rücksicht auf die Taktik, da man durch die Verwendung der Schaufelräder bezw. der Schiffsschraube vollkommen unabhängig von Wind und Wetter wurde. Man fing alsbald an, neben dem Bau neuer Kriegsdampfer die hölzernen Linien-

Digitized by Google

623. Die englische Kanalflotte im Jahre 1863. Nach „Navy and army illustrated“.

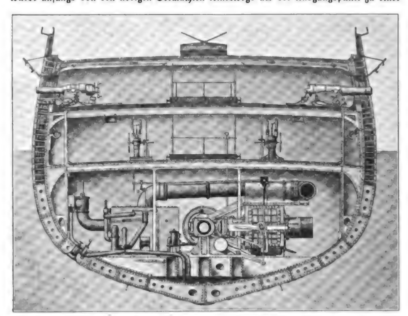
Digitized by Google

schiffe in Schraubenschiffe umzubauen, indem man sie meist in der Mitte auseinander schnitt und entsprechend zur Unterbringung von Maschine und Kessel verlängerte. Für die Linienschiffe mit so großem Freibord waren die Räder ungeeignet, auch nahmen dieselben in der Breitseite des Schiffes den zur Aufstellung von Geschützen wichtigsten Teil in Anspruch. Die Raddampfer fanden daher vorzugsweise als Avisos und Dampfkorvetten Verwendung. Dagegen bot die Schiffsschraube den großen Vorteil, daß der Propeller unterhalb der Wasserlinie gegen feindliche Geschosse vollkommen geschützt lag und außerdem die Maschinen- und Kesselanlage bei den großen Linienschiffen gegen direkte Treffer gesichert war, wobei die Breitseiten für die Geschützaufstellung vollkommen verwertet werden konnten. Die Takelage der Linienschiffe wurde beibehalten, um die billige Kraft des Windes nach Möglichkeit auszunutzen und den kostspieligen Dampf für das Gefecht und für besondere Fälle aufzusparen. Die Gefechtsstärke der Schraubenlinienschiffe bestand hauptsächlich in ihren Breitseiten, auf welchen die größte Zahl der Geschütze vereinigt waren, und die Taktik beruhte dementsprechend auf dem Grundsatz, dem Feinde stets die volle Breitseite zuzukehren. Als beste Schlachtordnung galt daher die Kiellinie, woraus sich der Name Linienschiff bildete. Die Klassifizierung und Benennung der Kriegsschiffe erfolgte nach der Zahl der eine Geschützreihe tragenden Decks in Linienschiffe, Schiffe mit 2 bis 3 gedeckten Batterien, auch in Zwei- und Dreidecker unterschieden, Fregatten, dreimastige Vollschiffe mit einer gedeckten Batterie, Korvetten, kleinere Vollschiffe mit einem Batteriedeck, welches bei den gedeckten Korvetten durch das Oberdeck geschützt war, während die Glattdeckskorvetten die Geschütze auf dem Oberdeck führten. Man bezeichnete sie später auch als Kreuzerfregatten und Kreuzerkorvetten. Die kleineren Fahrzeuge wurden unter dem Namen Schraubenkanonenboote zusammengefaßt.


624. Querschnitt einer gepanzerten Batterie.

Aber auch auf anderen Gebieten der Marinetechnik vereinigten sich praktische Erfahrungen und Wissenschaft, um die Kriegswerkzeuge zu vervollkommnen und ihre verheerende Kraft zu steigern. Nachdem schon zu Anfang des 19. Jahrhunderts Mörser zum Werfen von Bomben verwendet waren, führte der französische Artillerieoberst Paixhans nach den Anregungen Napoleons im Jahre 1822 die Bombenkanone ein, welche sich nach und nach den Weg in alle Marinen bahnte und durch die verheerende Wirkung der mit Sprengladung versehenen Hohlgeschosse für die hölzernen Schiffe eine gefürchtete Waffe wurde. Im Jahre 1854 bestätigten die Bomben und Granaten bei der Beschießung von Sebastopol durch die vereinigten englischen und französischen Flotten die Erwartungen vollkommen. Die russischen Granaten richteten auf den hölzernen Schiffen der Alliierten derartige Verheerungen an, daß dieselben den Kampf abbrechen mußten. Es trat die Notwendigkeit ein, die Schiffswände gegen derartige Verwüstungen besser zu schützen. Und so wurden noch während des Krieges auf Anregung Napoleons III. von dem genialen Schiffbauer Dupuy de Lôme fünf gepanzerte schwimmende Batterien in aller Eile erbaut und davon drei nach dem Schwarzen Meer geschleppt (Abb. 624). Obwohl diese Batterien nur mit 90 mm starken Eisenplatten untergeordneter Art bekleidet waren, so bewiesen sie sich bei der Beschießung von Kinburn thatsächlich als praktisch unverwundbar, denn die russischen Granaten hinterließen auf den Eisenplatten zwar tiefe Eindrücke, doch wurde keine der Platten bedeutend beschädigt.

Unter richtiger Würdigung dieser glänzenden Erfolge befahl Napoleon III. sofort den Bau des ersten Hochseepanzerschiffes „Gloire", dessen Stapellegung nach den Plänen von Dupuy de Lôme im Mai 1858 zu Toulon stattfand und welchem im Laufe desselben Jahres die drei Schwesterschiffe „Normandie", „Invincible" und „Couronne" folgten. Die „Gloire" war aus Holz gebaut und hatte eine Länge zwischen den Perpendikeln von 76,8 m, eine Breite von 17,0 m und ein Deplacement von 5618 t. Sie führte 36 gezogene 16 cm-Geschütze und erreichte bei einer Maschinenkraft von 800 nominellen Pferden eine Geschwindigkeit von 12½ Seemeilen. Das Schiff erhielt über die ganze Länge einen Eisenpanzer von 120 mm Dicke, dessen Platten auf der äußeren Holzbeplankung mit starken Holzschrauben befestigt waren. Die Stapellegung der „Gloire" wurde anfangs von den übrigen Seemächten keineswegs als der Ausgangspunkt zu einer



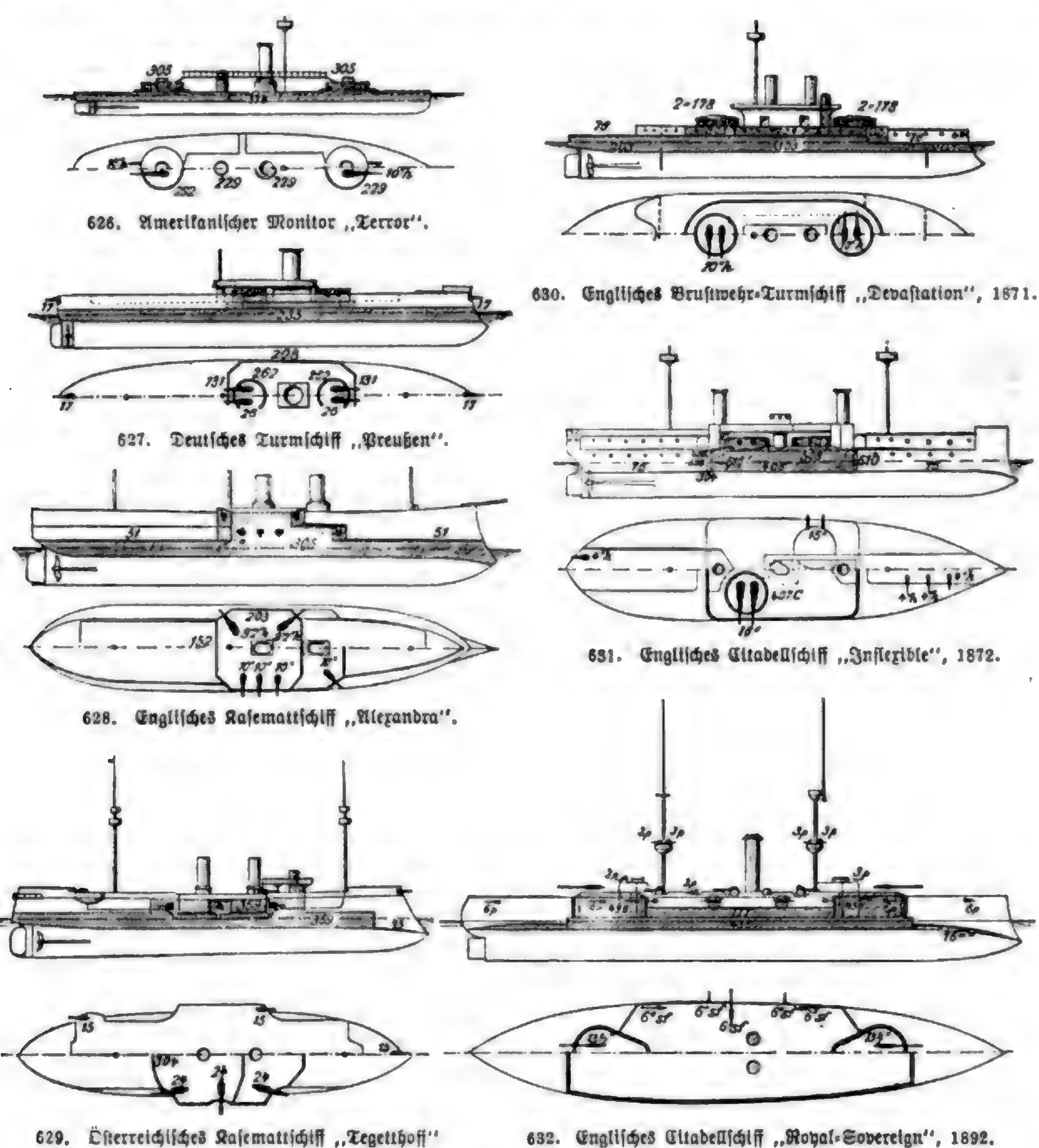
625. Schnitt durch den Maschinenraum des „Warrior". Nach „The Engineer".

vollkommenen Umgestaltung des Kriegsschiffbaues angesehen, im besonderen erklärte man in England diese Bauweise anfänglich für ein sehr kostspieliges Experiment. Dessenungeachtet wartete man den Stapellauf der „Gloire" in England gar nicht ab, sondern folgte wohl oder übel dem kostspieligen Wege Frankreichs, indem man im Mai 1859 den Bau zweier Panzerschiffe von größeren Abmessungen „Warrior" (Abb. 625) und „Black Prince" befahl. Die Hauptdimensionen der Schiffe, deren Pläne von Watts entworfen waren, sind folgende: Länge zwischen den Perpendikeln 116,82 m, größte Breite 17,68 m, mittlerer Tiefgang 8,1 m, Deplacement 9137 t. Der „Warrior" führte 8 achtzöllige und 24 siebenzöllige Geschütze. Die Maschine indizierte 5500 Pferde und erzielte eine Geschwindigkeit von 14,3 Seemeilen. Beide Schiffe waren Eisenkonstruktionen. Überhaupt ging England sofort zum Eisenschiffbau über, während in Frankreich bis zu Anfang der 70er Jahre alle Panzerschiffe, etliche Versuchsbauten ausgenommen, aus Holz gebaut wurden. „Warrior" und „Black Prince" erhielten einen eisernen Panzer von 114 mm Stärke. Die Platten wurden in Verbindung mit einer doppelten Lage Teakholz von

Digitized by Google

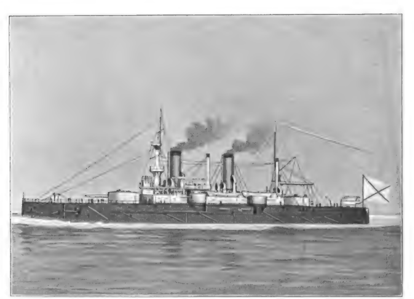
459 mm Stärke durch starke eiserne Bolzen an der eisernen Schiffswand befestigt. Die Holzhinterlage sollte dem Panzer eine elastische Auflage bieten. Später begnügte man sich mit einer Lage von Holz, und die Befestigungsweise ist bis in die neueste Zeit beibehalten worden.

Die Bemühungen der Schiffbauer, die Kampffähigkeit der Kriegsschiffe durch einen Panzergürtel zu erhöhen, wurden alsbald von den Artilleristen mit Verbesserungen der

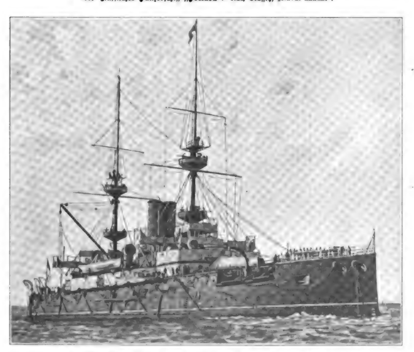

626. Amerikanischer Monitor „Terror".
627. Deutsches Turmschiff „Preußen".
628. Englisches Kasemattschiff „Alexandra".
629. Österreichisches Kasemattschiff „Tegetthoff"
630. Englisches Brustwehr-Turmschiff „Devastation", 1871.
631. Englisches Citadellschiff „Inflexible", 1872.
632. Englisches Citadellschiff „Royal-Sovereign", 1892.

626 bis 632. Typen von Panzerschiffen. Nach „Marine-Almanach".

Geschützkonstruktion beantwortet; durch Einführung der gezogenen Geschützrohre mit Langgeschossen suchte man die Treffwirkung sowie die Durchschlagskraft der Geschosse zu steigern. Auch konnte man den Langgeschossen eine größere Sprengladung geben, welche, mit Zündern versehen, das Krepieren der Geschosse an der Bordwand sicherten. Mit dem Bau der ersten Panzerschiffe war der Stab über die bisherigen hölzernen Linienschiffe gebrochen, und nachdem das Gefecht auf Hampton Reede im März 1862 zwischen dem mit $4^1/_2$zölligem Lamellenpanzer versehenen südstaatlichen „Merrimac" und den ungepanzerten Unionsschiffen „Cumberland" und „Congreß" sowie dem mit 5zölligem Lamellenpanzer versehenen

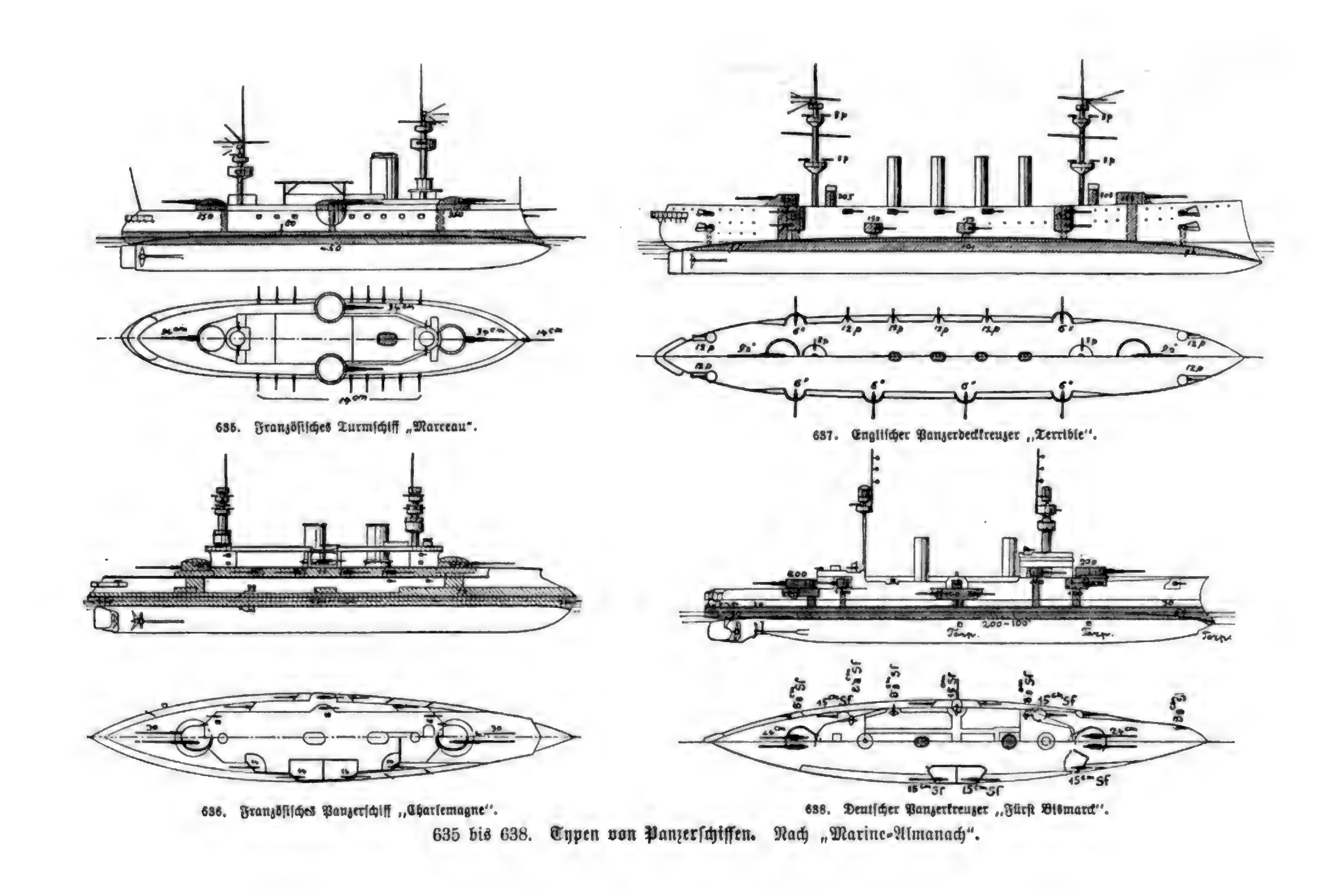


633. Russisches Panzerschiff „Poltava". Nach Brassey, „Naval annual".



634. Englisches Linienschiff „Prince George". Nach „Navy and army illustrated".

Digitized by Google



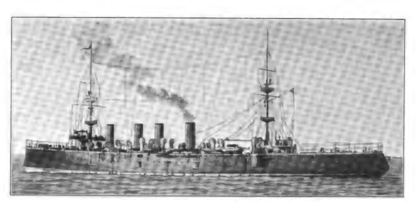
635. Französisches Turmschiff „Marceau“.

637. Englischer Panzerdeckkreuzer „Terrible“.

636. Französisches Panzerschiff „Charlemagne“.

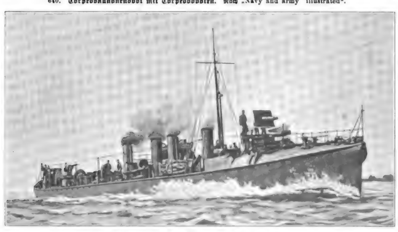
638. Deutscher Panzerkreuzer „Fürst Bismarck“.

635 bis 638. Typen von Panzerschiffen. Nach „Marine-Almanach“.



639. Englischer Kreuzer „Powerful". Nach „Navy and army illustrated".

640. Torpedokanonenboot mit Torpedobooten. Nach „Navy and army illustrated".



641. Torpedobootzerstörer. Nach „Navy and army illustrated".

Digitized by Google

Turmschiff „Monitor“ die gewaltige Überlegenheit der gepanzerten Schiffe den nicht gepanzerten gegenüber dargethan hatte, gingen alle Seemächte zum Bau von Panzerschiffen mit beinahe fieberhafter Hast vor. Um die Zahl der Panzerschiffe so rasch wie möglich zu vergrößern, wurden in England sogar alte Linienschiffe rasiert und mit Panzerplatten umgürtet. Die Panzerstärke blieb anfänglich bei 12 bis 15 cm stehen; als indessen die Artillerie den gepanzerten Schiffsseiten gezogene Geschütze von großem Kaliber und wesentlich vermehrter Durchschlagskraft gegenüberstellte, mußte man an eine Verstärkung der Panzerwand sowie an eine Verbesserung des Panzermaterials denken. Die Anforderungen steigerten sich derart, daß nicht selten ein Panzerschiff schon veraltet bezw. in seiner Panzerstärke zu schwach war, wenn es vom Stapel lief. Mit welcher Schnelligkeit die Umwandlungen der einzelnen Marinen vor sich gingen, geht daraus hervor, daß bereits im Jahre 1866 Österreich und Italien, zwei Marinen zweiten Ranges, sich mit vollständigen Panzerflotten in der Seeschlacht bei Lissa gegenüberstanden. Und so entwickelte sich ein heftiger Wettstreit zwischen Artillerie und Schiffspanzer, welcher hin und her schwankte und sowohl dem Kriegsschiffbau, als auch der Marineartillerie in kurzer Zeit einen gewaltigen Aufschwung verschaffte. Durch die Erfolge der Österreicher in der Seeschlacht bei Lissa wurde ferner die Aufmerksamkeit auf den Erfolg des Rammstoßes gelenkt, so daß der Rammbug bezw. der Sporn, wie früher im Altertum, als ein hervorragendes Kampfmittel wiederum in Anwendung kam in Verbindung mit einer möglichst zahlreichen Teilung des Schiffsrumpfes in wasserdichte Abteilungen und Zellen als Schutzmaßregel gegen den Rammstoß. Diese Gliederung des Schiffsrumpfes wurde alsdann noch weiter ausgedehnt, als die Gefahr der Seeminen für Hafensperren sowie die bedeutungsvolle Erfindung der automobilen Torpedos und ihre Verwendung an Bord der Schiffe hinzukam, so daß das moderne Schlachtschiff nicht allein gegen die verheerende Wirkung der Artillerie, sondern auch gegen den verhängnisvollen Angriff der Torpedos gewappnet und geschützt sein mußte. Und so mehrten sich allmählich die Anforderungen an die Defensiv- und Offensivkraft der Kriegsschiffe derart, daß man dazu übergehen mußte, dem Hauptverwendungszweck entsprechend, besondere Schiffstypen einzuführen, die Panzerschiffe als Schlachtschiffe, die Kreuzer und Avisos als Aufklärungsschiffe und zum Schutz des Handels, die Torpedofahrzeuge für den Torpedoangriff.

Bei den Panzerschiffen entstanden im Anschluß an die Linienschiffe zunächst die Batterieschiffe, bei welchen die Batterie sowie die Schiffswand in der Wasserlinie auf der ganzen Länge oder nur teilweise gepanzert war — „Gloire“, „Warrior“. Bei dem stetigen Steigen der Geschützkaliber mußte man jedoch die Zahl derselben einschränken, und so kam man auf den Gedanken, die schweren Geschütze in gepanzerten Türmen aufzustellen, um das Schußfeld der wenigen Geschütze möglichst groß zu erhalten und die gepanzerte Fläche zu verringern. Ericsson erbaute nach diesem Grundsatz in Amerika den „Monitor“, welcher alsbald einem besonderen Typ von Küstenverteidigungsfahrzeugen den Namen gab. Die Monitors sind Panzerschiffe mit geringem Freibord und Seitenpanzer über die ganze Schiffslänge und ein bezw. zwei drehbaren Panzertürmen auf dem Oberdeck, in welchen ein oder zwei schwere Geschütze gelagert sind, „Terror“ (Abb. 626). In England gab Coles den Turmschiffen etwas größeren Freibord, versah sie auf die ganze Länge mit einem Gürtelpanzer und stellte die Türme mittschiffs versenkt in einer gepanzerten Citadelle auf, so daß die Geschützmündungen aus den Turmscharten nur wenig über das Oberdeck hinausragten „Preußen“ (Abb. 627). Nach dem Kentern des „Captain“ kam man jedoch wieder auf die Batteriedeckschiffe zurück, jedoch wurde wegen der stetig zunehmenden Panzerstärke die Zahl der Geschütze sowie die Panzerung der Batterie der Länge nach eingeschränkt. Es entstanden Schiffe mit Gürtelpanzer und gepanzerter Zentralbatterie, die sogenannten Kasemattschiffe. „Alexandra“ (englisch; Abb. 628); „Océan“, „Dévastation“ (französisch); „Tegetthoff“ (österreichisch, Abb. 629), „Kaiser“, „Deutschland“ (deutsch). Bei einigen dieser Schiffe wurde die Aufstellung der Geschütze in zwei Decks übereinander wieder eingeführt und die Bordwand der Kasematte so ausgebaut, daß man mit den Kasemattgeschützen ein Bug- und Heckfeuer erzielen konnte.

Die Zunahme der Panzerstärke bis zu 60 cm und der Geschützkaliber bis zu 45 cm zwang jedoch zu weiteren Gewichtseinschränkungen und brachte wiederum die Turmschiffe auf den Plan. Es entstanden die Brustwehrturmschiffe, Schiffe mit niedrigem Freibord und Panzergürtel über die ganze Schiffslänge, welche sich mittschiffs nach oben in eine gepanzerte, ovale Brustwehr fortsetzte, durch welche der Unterbau der Panzertürme geschützt wird, „Devastation“ (englisch Abb. 630). In ähnlicher Weise baute man auch die Küstenverteidigungsschiffe, die sogenannten Brustwehrmonitors. Der geringe Freibord dieser Schiffe machte dieselben jedoch wenig seefähig, so daß bei bewegter See die Bedienung der Geschütze sehr bald aufhörte, und so kam man in England zu den Citadellschiffen, Turmschiffen mit einer gepanzerten Citadelle auf etwa $^1/_3$ bis $^3/_4$ der Schiffslänge und zwei Panzertürmen entweder diagonal mittschiffs aufgestellt — „Inflexible“ (englisch, Abb. 631); „Dandolo“ (italienisch) — oder an den Enden der Citadelle mit dazwischenliegender Batterie für leichtere Geschütze. „Royal-Sovereign“ (Abb. 632), „Prince George“ (englisch, Abb. 634); „Sardegna“ (italienisch). Die ungepanzerten Schiffsenden werden durch ein gewölbtes Panzerdeck sowie durch einen Korkgürtel geschützt. In Frankreich hielt man am Gürtelpanzer über die ganze Schiffslänge fest und stellte die schweren Geschütze meist einzeln in 3 bis 4 Barbettetürmen auf hohem Oberdeck mit ungepanzertem, später gepanzertem Unterbau. „Caimau“, „Marceau“ (Abb. 635) „Jauréquiberry“. Zur Zeit ist das Turmschiff mit Gürtel- und Citadellpanzer sowie gepanzertem Unterbau für die beiden Türme mit 24 bis 28 cm-Geschützen in Verbindung mit einer leicht gepanzerten Zentralbatterie oder gepanzerten Drehtürmen bezw. Kasematten für 15 bis 17 cm-Schnellfeuerkanonen als den Anforderungen der Neuzeit entsprechend anzusehen, „Kaiser Friedrich III.“ (deutsch); „Charlemagne“ (französisch, Abb. 636); „Canopus“ (englisch); „Doenadzet Apostolov“, „Poltava“ (russisch, Abb. 633).

Die Kreuzer zum Schutz der Handelsflotten und Handelsniederlassungen haben sich aus den früheren Schraubenkorvetten entwickelt; die Fortschritte liegen mehr in der Bauweise — Kompositbau — und der stetig wachsenden Maschinenkraft, während die Takelage fast ganz in Fortfall kommt. Die Armierung bleibt in den Grenzen von 10 bis 21 cm-Geschützen. Mit dem Jahre 1881 führte man zum Schutz der vitalen Teile — Maschinenanlage, Munitionskammern, Steuereinrichtung — das Panzerdeck ein, ein über die ganze Schiffslänge reichendes, gewölbtes Deck von 30—125 mm dicken Stahlplatten mit einem auf demselben an der Bordwand entlang geführten Kork- oder Cellulosegürtel zur Sicherung der Stabilität bei Überflutung des Panzerdeckes. „Kaiserin Augusta“ (deutsch), „Edgar“, „Powerfull“, „Terrible“ (englisch Abb. 637 u. 639), „Chateaurenauld“ (französisch). Infolge der Wirkung der Schnellfeuerkanonen wurde dann die Wasserlinie mit leichtem Stahlpanzer versehen, und hieraus ergaben sich die Panzerkreuzer, denen dann einige schwere Geschütze von 21 bis 24 cm Kaliber an Bord gegeben wurden. „Fürst Bismarck“ (deutsch, Abb. 638), „Jeanne d'Arc“ (französisch), „Rjurik“ (russisch).

Die Avisos, aus den schnelleren Kanonenbooten entstanden, erhalten neuerdings auch ein leichtes Panzerdeck und leichte Schnellfeuerkanonen. Sie dienen zum Depeschen- und Aufklärungsdienst. Die Torpedofahrzeuge haben sich aus den Dampfbeibooten entwickelt und sind später als selbständige seegehende Boote mit großer Geschwindigkeit von 18 bis 33 Seemeilen pro Stunde erbaut. Sie dienen zur Küstenverteidigung und zum Torpedoangriff auf Schlachtschiffe und gliedern sich ihrer Größe nach in Torpedokanonenboote, Torpedobootzerstörer und Torpedoboote (Abb. 640 u. 641).

Grundlagen des Schiffbaues.

Auftrieb und Deplacement.

Ein auf einer Flüssigkeit schwimmender Körper verdrängt nach dem von Archimedes aufgestellten Prinzip durch sein Volumen so viel von der Flüssigkeit, als der Körper wiegt. Das Volumen des Körpers, welcher die Flüssigkeit verdrängt, nennt man sein Deplacement oder die Wasserverdrängung. Die Mittelkraft der von der Flüssigkeit auf die Wandung des Schwimmkörpers übertragenen Drücke, welche vertikal aufrecht gerichtet ist — die horizontalen Kräfte heben sich gegenseitig auf — ist von gleicher Größe mit dem Gewicht des schwimmenden Körpers und geht durch den Schwerpunkt der verdrängten Flüssigkeit; sie wird Auftrieb oder Schwimmkraft genannt. Die Ausdrücke Deplacement, Wasserverdrängung, Auftrieb und Schwimmkraft, ausgedrückt in einem Gewichtsmaß, sind demnach ihrer Größe nach gleich und werden daher vielfach miteinander vertauscht. Nach diesen Gesichtspunkten ist das Deplacement, ausgedrückt in Raummaßen, das von demselben verdrängte Wasservolumen. Jede Zu- und Abnahme von Gewichten des Schiffes zieht eine Veränderung des Deplacements nach sich und bei gleicher Form des Schiffes eine Tiefertauchung bezw. ein Auftauchen. Der Tiefgang, bis zu welchem das leere unbeladene Schiff eintaucht, heißt der leichte Tiefgang, derjenige mit vollständiger Zuladung der geladene Tiefgang. In diesem Zustande muß jedoch für die Sicherheit des Schiffes im Seegang und bei Neigung durch den Winddruck der Schiffsrumpf einen derartigen Freibord — Austauchung über Wasser — besitzen, daß er eine genügende Reserve an Schwimmkraft oder Auftrieb bei etwa eintretenden Leckagen besitzt. Der eingetauchte Teil des Schiffes liefert dann den Auftrieb, der über Wasser befindliche, nach oben wasserdicht abgeschlossene Teil den Reserveauftrieb oder die Reserveschwimmkraft. Das Verhältnis des Reserveauftriebs zum Auftrieb bildet die Grundlage zur Festsetzung der größten Beladung oder des geringsten notwendigen Freibordes eines Schiffes.

Das Deplacement eines Schiffes setzt sich zusammen aus dem Gewicht des Schiffskörpers oder seinem Eigengewicht und dem Gewicht der Zuladung oder des nützlichen Deplacements. Die Zuladung besteht aus den Gewichten der Ladung, der Treibapparate — Takelage und Segel bezw. Maschinen und Kesselanlage nebst Kohlenvorrat — sowie aus der Ausrüstung nebst Besatzung und Proviant. Bei Kriegsschiffen tritt an Stelle der Ladung das Gewicht von Geschützen nebst Munition, Torpedoarmierung und der Panzerung.

Für den Konstruktionstiefgang, welcher von dem Konstrukteur dem Entwurf für das vollausgerüstete Schiff zu Grunde gelegt wird, ist die Zuladung gleich dem Deplacement minus Eigengewicht. Je geringer daher sich letzteres ergibt, je größer ist bei Handelsschiffen die Ladefähigkeit und um so günstiger können bei Kriegsschiffen die Angriffs- und Verteidigungswaffen gewählt werden — stärkere und zahlreiche Artillerie, größere Maschinenkraft und dementsprechend große Schiffsgeschwindigkeit, größeres Kohlenfassungsvermögen sowie stärkerer Panzerschutz. Es ist daher von höchster Wichtigkeit für den Bau des Schiffsrumpfes solides und dauerhaftes Material mit einer wohl durchdachten Konstruktion zu vereinigen, um nach Möglichkeit an überflüssigem Gewicht zu sparen. Über die Größe des Eigengewichts im Verhältnis zum Deplacement gibt nachstehende Tabelle Aufschluß.

Schiffsklasse	Prozente des Eigengewichtes vom Deplacement	Relative Tragfähigkeit in Prozenten vom Deplacement
Hölzerne Handelsschiffe aus Fichtenholz	33—38	67—62
„ „ „ Eichenholz	40—50	60—50
Eiserne Handelsschiffe	30—40	70—60
Schnelle Kreuzer, stählerne mit Holzbeplankung .	50	50
Neuere ungetakelte Panzerschiffe	35—45	65—55
Torpedoboote	30	70

Ist das Deplacement eines Schiffes nach seinem Verwendungszweck dem Gesamtwert nach festgelegt, so ist die nächste Aufgabe des Konstrukteurs die Hauptdimension, Länge zwischen den Perpendikeln, größte Breite in der Wasserlinie und Konstruktionstiefgang sowie die Werte der einzelnen Formkoeffizienten zu bestimmen.

Die Perpendikel des Schiffes gehen bei eisernen Schiffen durch den Schnittpunkt von Vorkante Hinter- bezw. Ruodersteven und Hinterkante Vorsteven mit der Konstruktionswasserlinie, bei Holzschiffen durch die entsprechenden Schnittpunkte der Außenkante Sponung an den Steven, d. h. der Naht der Außenhautbeplankung am Steven, mit der Konstruktionswasserlinie. Die Länge zwischen den Perpendikeln ist zum Teil abhängig von der vorgeschriebenen Schiffsgeschwindigkeit, da sie den Schiffswiderstand in erheblichem Maße beeinflußt. Nach Froude macht man die günstigste Länge des Vorschiffs $L_1 = 0{,}1714\ V^2$, die des Hinterschiffs $L_2 = 0{,}1144\ V^2$, worin V die Geschwindigkeit des Schiffes in Seemeilen angibt, desgleichen bildet das Verhältnis der Schiffslänge zur Schiffsbreite — L : B — einen wichtigen Faktor mit Bezug auf Stabilität und Drehvermögen des Schiffes. Der Wert von L : B schwankt für die einzelnen Schiffstypen von 2 bis 12 (s. Tabelle).

Schiffsklasse	L : B	T : B	δ	α	β
Segelschiffe, ältere . . .	3,75—4,5	0,38—0,47	0,65	0,80	0,93
Segeljachten (Kieljachten) . .	6—8	0,8	0,3—0,42	0,72	0,45—0,5
Segelschiffe, neue	5—6,8	0,49—0,53	0,66	0,8	0,91
Schleppdampfer	4—6	0,3—0,4	0,5—0,6	0,65—0,75	0,75
Fischdampfer	4—5	0,48	0,45	0,75	0,75
Frachtdampfer	5—8	0,45—0,54	0,65—0,73	0,73	0,9—0,96
Schnelldampfer	8—10	0,40—0,55	0,58—0,63	0,73	0,89—0,93
Flußraddampfer	2—15	0,11—0,14	0,6—0,85	0,77—0,87	0,92—0,99
Torpedoboote	7—9	0,22	0,42	0,6	0,73
Avisos	7—10	0,35—0,4	0,45—0,5	0,61—0,69	0,75—0,83
Kreuzer	6—7	0,35—0,44	0,48—0,55	0,68—0,75	0,8—0,89
Panzerdeckschiffe . . .	6—7,5	0,41—0,44	0,48—0,5	0,67	0,85
Panzerschiffe	4—5,5	0,3—0,4	0,55—0,7	0,71—0,76	0,81—0,87

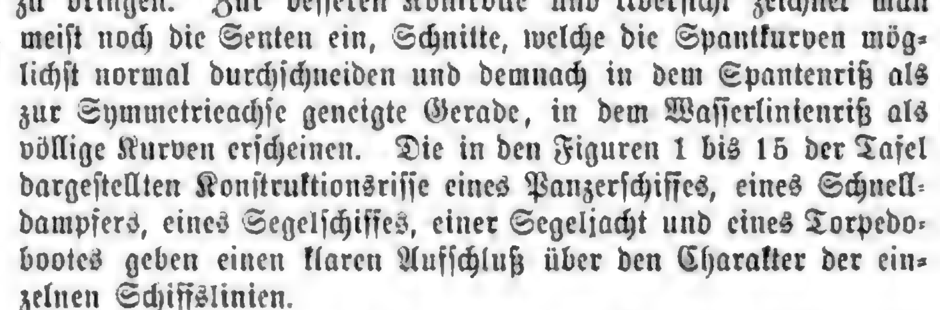
Die Schiffsbreite wird bei eisernen Schiffen auf Außenkante Spanten, bei Holzschiffen auf Außenkante Planken in der Konstruktionswasserlinie gemessen. Ihre Größe ist in der Hauptsache durch die Stabilität des Schiffes bedingt und weiter durch das Verhältnis L : B sowie durch das Verhältnis des Konstruktionstiefgangs zur Breite — T : B — festgelegt. Letzteres schwankt zwischen den Grenzen 0,25 bis 0,54. Zu großes T : B hat ungenügende Stabilität zur Folge, zu kleines T : B begünstigt bei Segelschiffen das Abtreiben und verursacht bei Schraubenschiffen ungünstige Lage des Propellers. Der Konstruktionstiefgang reicht von der Konstruktionswasserlinie bis Unterkante Spant bezw. Außenkante Sponung am Kiel.

Aus den Hauptdimensionen L, B und T ergibt sich nun das Deplacement des Schiffes als ein Bruchteil des aus diesen Hauptdimensionen gebildeten Parallelepipeds. Der Koeffizient, welcher dieses Verhältnis angibt, heißt Deplacementkoeffizient und wird mit δ bezeichnet. Es ist alsdann Deplacement = L. B. T. δ. δ schwankt von 0,3 bis 0,85, die untere Grenze findet man bei Jachten und kleinen Fahrzeugen, die obere bei Flußschiffen und flach gehenden Panzerschiffen (siehe Tabelle). Mit dem Deplacementskoeffizienten stehen in engem Zusammenhang der Völligkeitskoeffizient der Konstruktionswasserlinie α, welcher das Verhältnis des Wasserlinienareals zum umschriebenen Rechteck — L $\times$ B — angibt, sowie derjenige des Hauptspants β, welcher das Verhältnis des Hauptspantsareals zum umschriebenen Rechteck — B $\times$ T — festsetzt. α variiert von 0,6 bis 0,8 und ist in der Hauptsache mit abhängig vom Verhältnis L : B. Die Schärfe der Wasserlinie wird einesteils durch die Stabilität, anderenteils durch den Schiffswiderstand bedingt. β schwankt zwischen 0,5 bis 0,9 und gibt in der Hauptsache den Charakter für die Spantformen. Nur im Vor- und Hinterschiff sind dieselben mit abhängig von den Umrißlinien der Steven und den besonderen Bug- und Heckformen. Hier ist die Erfahrung und der Geschmack des Konstrukteurs allein maßgebend. Zwischen

den Koeffizienten δ, α und β hat Normand eine besondere Beziehung durch die Formel $\delta = \alpha\,\beta\,K$ festgestellt, und K schwankt zwischen 0,82 bis 0,89. Neben diesen Koeffizienten ist vor Beginn des Konstruktionsrisses die Festlegung des Deplacementsschwerpunktes sowie des Konstruktionswasserlinienschwerpunktes von Wichtigkeit, sowie die Entscheidung, ob das Schiff auf ebenem Kiel oder steuerlastig, d. h. hinten mit größerem Tiefgang erbaut werden soll.

Nachdem die Hauptdimensionen festgelegt sind, erfolgt die Anfertigung des Konstruktionsrisses, um die Schiffsberechnungen vor der Baulegung durchführen und den Bau selbst nach dem Riß in Angriff nehmen zu können. Der Konstruktionsriß eines Schiffes stellt die geometrische Form desselben in drei zu einander senkrecht stehenden Projektionsebenen dar. Der Aufriß oder Längenschnitt gibt die Symmetrieebene des Schiffes wieder; in demselben zeigen sich die Formen des Vor- und Hinterstevens, des Kiels, ferner der Verlauf oder Strak der Reling, sowie der Decks, sowie folgende Schiffslinien, als gerade horizontale Linien die Wasserlinien, als gerade vertikale Linien die Spanten, als Kurven die Schnitte. Der Grundriß oder Wasserlinienriß gibt die Formen der Wasserlinien wieder, er wird nur von einer Hälfte des Schiffes gezeichnet, da beide symmetrisch sind. In demselben zeigen sich die Wasserlinien als schlanke Kurven — Schiffslinien — die Spanten als gerade vertikale Linien, die Schnitte als gerade horizontale Linien. Der Seiten- oder Spantenriß enthält die Formen der einzelnen Spanten, und zwar zeichnet man zur Linken der Symmetrieachse die Spanten des Hinterschiffes, zur Rechten derselben diejenigen des Vorschiffes; er gibt in geraden horizontalen Linien die Wasserlinien, in geraden vertikalen Linien die Schnitte wieder. Die größte Spantkurve, welche in der Regel etwas hinter der Mitte liegt, heißt Hauptspant. Die Kunst der Anfertigung eines Konstruktionsrisses besteht nun in der Hauptsache darin, für die einzelnen Linien mit Bezug auf Form und Größe der Flächen eine richtige Wahl und einen guten Strak zu treffen und die Schiffslinien und Kurven in den einzelnen Projektionsebenen miteinander in Übereinstimmung zu bringen. Zur besseren Kontrolle und Übersicht zeichnet man meist noch die Senten ein, Schnitte, welche die Spantkurven möglichst normal durchschneiden und demnach in dem Spantenriß als zur Symmetrieachse geneigte Gerade, in dem Wasserlinienriß als völlige Kurven erscheinen. Die in den Figuren 1 bis 15 der Tafel dargestellten Konstruktionsrisse eines Panzerschiffes, eines Schnelldampfers, eines Segelschiffes, einer Segeljacht und eines Torpedobootes geben einen klaren Aufschluß über den Charakter der einzelnen Schiffslinien.

642. Spantarealkurve.



643. Wasserlinienarealkurve.

Die Berechnung des Deplacements umfaßt die Ermittelung der Inhalte der Wasserlinien, der Spante und des Deplacements, sowie der Schwerpunktslagen der einzelnen Flächen und Körperteile. Die Berechnungen erfolgen meist nach der Simpsonschen Regel.

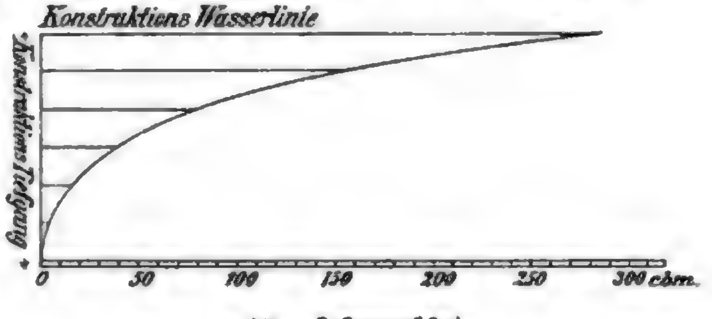
Flächeninhalt $= \frac{1}{3} \triangle x\,[1\,y_1 + 4\,y_2 + 2\,y_3$ u. s. w. $+ 4\,y_{n-1} + 1\,y_n]$.

Für die Berechnung der Spantflächen geben die in gleichen Abständen ($\triangle x_1$) gezeichneten Wasserlinien die Ordinaten y, für die Berechnung der Wasserlinienareale die in gleichen Abständen ($\triangle x_2$) gezeichneten Spanten die Ordinaten y. Trägt man die ermittelten Werte der Spantareale auf den entsprechenden Ordinaten von der Mittellinie des Schiffes als Abscissenachse ab, so bildet die durch die Endpunkte der Ordinaten gelegte Kurve die Spantarealkurve (Fig. 642), ihr Flächeninhalt gibt das Deplacement in cbm an und der Schwerpunkt der Fläche den Schwerpunkt des Deplacements der Länge nach. In ähnlicher Weise erhält man, wenn man die Wasserlinienareale als Abscissen von der als Koordinatenachse gedachten Mittellinie des Schiffes aufträgt, durch Verbindung der so gewonnenen Endpunkte die Wasserlinienarealkurve oder Wasserlinien-

skala (Abb. 643), und der Inhalt der durch die Kurve begrenzten Fläche ist gleich dem Deplacement in cbm, und gibt ihr Schwerpunkt die Lage des Deplacementschwerpunktes der Höhe nach an. Die Berechnungen des Deplacements nach den Spanten und den Wasserlinien müssen übereinstimmen, die Areale der Spanten- und Wasserlinienskala müssen demnach gleich sein. Die Wasserlinienskala zeigt keinen besonderen Charakter, dagegen ähnelt die Spantenskala einer Parabel mit hohl auslaufenden Zweigen. Nach Colin Archer ist es mit Bezug auf den Wasserwiderstand vorteilhaft, die Form der Kurve derart zu wählen, daß sie im Vorschiff nach der Sinuslinie, im Hinterschiff nach der Trochoide verläuft (Abb. 644).

Um bei Hinzufügung und Wegnahme von Gewichten den jedesmaligen Tiefgang schnell ermitteln zu können, konstruiert man aus der Wasserlinienskala den sogenannten Lastenmaßstab (Abb. 645); derselbe gibt für die Tauchung des Schiffes bis zu den einzelnen Wasserlinien das Deplacement in cbm oder Tonnen nach bestimmten Maßstäben an.

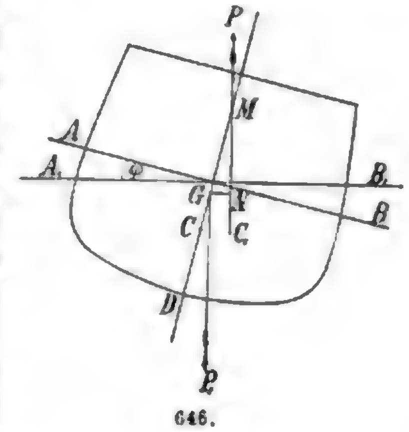
644. Spantenskala. Nach Colin Archer.



645. Lastenmaßstab.

Stabilität.

Unter Stabilität eines Schiffes versteht man das Bestreben desselben, falls es durch äußere Kräfte in eine geneigte Lage gebracht worden ist, sich unter dem Einfluß seines Gewichtes und des Auftriebes in die aufrechte Lage zurückzubewegen, sobald die Einwirkung der äußeren Kraft aufgehört hat. Das Drehmoment, welches das Aufrichten des Schiffes bewirkt, heißt das Stabilitätsmoment, es gibt die Größe der statischen Stabilität an. Dasselbe ist abhängig einesteils von der Form des eingetauchten Schiffskörpers, anderenteils von der durch die Verteilung der Gewichte im Schiff bedingten Lage des Schwerpunktes. Man spricht daher von einer Formstabilität und von einer Gewichtsstabilität. Denkt man sich in Abb. 646 den Querschnitt eines Schiffes A D B in aufrechter Lage und A_1 D B_1 in einer um den Winkel φ geneigten Lage dargestellt, so wird sich der Schwerpunkt des Deplacements bei aufrechter Lage C nach dem Schwerpunkt C_1 bei der Neigung um den Winkel φ verschieben, während der Systemschwerpunkt des Schiffes G durch die Neigung keine Lageänderung erfährt. In der geneigten Lage wirkt daher der Auftrieb vertikal durch den Schwerpunkt C_1, und diese Linie schneidet die Mittellinie des Schiffes in dem Punkt M, welcher allgemein Metazentrum genannt wird. Ist nun GN senkrecht zu C_1 M, so ergibt sich als aufrichtendes Moment $P \times GN$, wenn P das Gewicht des Schiffskörpers oder den Auftrieb darstellt. Da nun $GN = GM \sin \varphi$ ist, so wird das Stabilitätsmoment $= P \times GM \sin \varphi$. Es ist daher abhängig von der Größe des Deplacements und dem Wert GM, der sogenannten metazentrischen Höhe. Nun ist $GM = CM - CG$, und demnach wird das Stabilitätsmoment $= P\,(CM - CG) \sin \varphi$. CM stellt nun den Wert der Formstabilität und CG den der Gewichtsstabilität dar. Je nach dem Wert dieser beiden Größen ergeben sich nun die verschiedenen Gleichgewichtslagen des Schiffes. Ist CM größer als CG, so ist stabiles Gleichgewicht vorhanden, und man nennt das Schiff steif, wenn GM einen verhältnismäßig hohen Wert hat (1—3 m), rank, wenn es entsprechend klein ist (0,1 — 0,4 m). Ist CM kleiner als CG, so wird CM — CG negativ. Das Gleichgewicht ist ein labiles, und das Schiff muß bei geringster



646.

Neigung durch äußere Kräfte umfallen oder kentern. Ist CM = CG, so daß M mit G zusammenfällt, so ist der Gleichgewichtszustand indifferent. Es besteht alsdann die Gefahr des Kenterns, wenn beim Neigen des Schiffes CM kleiner wird. Wird CM jedoch größer, so wächst auch GM und demnach das aufrichtende Moment. Der Wert CM, welcher allein von der Form des Schiffes abhängig ist, läßt sich durch folgende Formel ausdrücken:

$$CM = \frac{\text{Trägheitsmoment der Schwimmebene}}{\text{Deplacement in cbm}} = \frac{K\,.\,L\,B^3}{\text{Deplacement}} = \frac{K\,L\,B^3}{L\,.\,B\,T\,\delta} = \frac{K}{\delta}\,.\,\frac{B^2}{T}$$

Der Koeffizient $K:\delta$ schwankt von 0,08 bis 0,10.

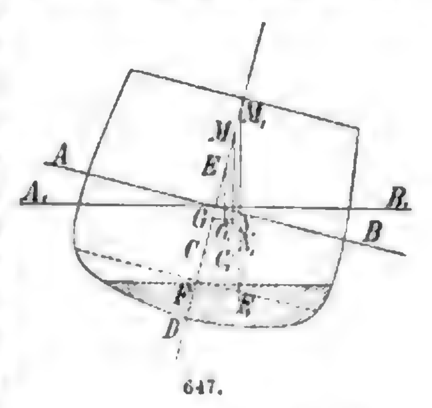
CM ist also um so größer, je größer bei gleichem Deplacement das Trägheitsmoment der Schwimmebene, d. h. im besonderen je größer die Schiffsbreite B gewählt wird, da das Trägheitsmoment mit der dritten Potenz von B sich ändert oder aber je kleiner bei gleichbleibender Schwimmebene das Deplacement ausfällt, d. h. je schärfer das Unterwasserschiff gemacht wird. Hiernach ergeben sich die einzelnen Stabilitätsverhältnisse der verschiedenen Schiffstypen in Verbindung mit der Gewichtsstabilität. Flachgehende, breite Schiffe – Floß, flache Küstenpanzerschiffe — besitzen große Formstabilität wegen des großen Trägheitsmoments der Schwimmebene, schnellsegelnde Schoner und Jachten wegen des scharfen Unterwasserschiffes, doch wird bei den letzteren wegen der scharfen Wasserlinien außerdem eine große Gewichtsstabilität durch eine möglichst tiefe Lage des Systemschwerpunktes erzielt, indem man am Kiel, am tiefsten Punkt, schwere Bleimassen befestigt. Die Form- und Gewichtsstabilität muß nun bei dem Entwurf des Schiffes so zu einander abgestimmt werden, daß die metazentrische Höhe MG = CM — CG eine den praktischen Verhältnissen entsprechende Größe erhält. Zu kleines MG bringt die Gefahr des Kenterns mit sich, bietet jedoch den Vorteil langsamer und sanfter Bewegungen auf See. Großes GM bietet vollkommene Sicherheit gegen Kentern, hat jedoch schnelle und heftige Bewegungen zur Folge, welche teilweise für die Schiffsbesatzung unerträglich werden können, teilweise den Schiffsverband lockern und die Verwendung des Schiffes für bestimmte Zwecke, wie z. B. für das Schießen auf See, in Frage stellen. Die nachstehende Tabelle gibt für die einzelnen Schiffsklassen im voll ausgerüsteten Zustande die gebräuchlichsten Werte von MG. Im allgemeinen geht man mit MG nicht unter 0,4 m; einige transatlantische Schnelldampfer besitzen noch geringere metazentrische Höhen. Diese Schiffe haben dementsprechend sehr angenehme Bewegungen auf See, und ihre Sicherheit liegt in der Hauptsache in dem hohen Freibord über Wasser. Wenn sie mehrere Grade überliegen, also Schlagseite erhalten, stellt sich die nötige Stabilität ein infolge der hierdurch wachsenden Breite der Schwimmebene und der Steigerung des Trägheitsmomentes derselben.

Alte Segelfregatten	MG	2,2	m
„ Schraubenfregatten und Korvetten	„	1,2—1,5	„
Ältere Panzerschiffe	„	1,2—2,1	„
Monitors	„	2,1—4,2	„
Neuere ungetakelte Panzerschiffe	„	0,8—1,5	„
Panzerdeckkreuzer	„	0,8—1,3	„
Ungeschützte Kreuzer	„	0,5—0,8	„
Avisos	„	0,45—1,0	„
Kanonenboote	„	0,45—0,8	„
Torpedoboote	„	0,3—0,5	„
Transatlantische Dampfer	„	0,1—0,3	„
Fracht- und Handelsdampfer	„	0,45—0,9	„
Segelschiffe	„	0,8—1,0	„
Schleppdampfer	„	0,45—0,6	„
Flußschiffe	„	0,3—0,5	„

Der Wert von MG ist jedoch für ein und dasselbe Schiff kein konstanter, da einesteils die Tauchungen und Tiefgänge des Schiffes je nach der Ausrüstung und Ladung sich ändern, anderenteils auch die Belastung des Schiffes und demnach die Lage des Systemschwerpunktes eine verschiedene sein kann, im besonderen bei Handelsschiffen, bei denen die Ladung stets eine wechselnde ist. Man muß daher beim Stauen der Ladung auf Handelsschiffen besonderen Wert darauf legen, daß der Systemschwerpunkt des voll-

beladenen Schiffes ein günstiger wird. Zu diesem Zweck sind in den größeren Hafenstädten besondere Beamte angestellt, welche die richtige Stauung der Ladung im Interesse der Rheder und Verfrachter überwachen. So ist z. B. bei leichten Ladungen, wie Baumwolle, Thee, Tabak, meist Ballast im Schiffsboden mitzuführen, da ohne denselben das Schiff leicht zu rank wird, während bei schweren Ladungen, wie Eisen- und Kupfererze, Eisenbahnschienen, Vorsorge getroffen werden muß, dieselben nicht durchweg tief im Schiffsboden zu lagern, zumal sie den Schiffsraum kaum bis zur Hälfte ausfüllen werden, da sonst das Schiff in See zu heftige Bewegungen macht und bei der schweren Belastung Gefahr vorhanden ist, daß es leck springt. Man verteilt daher schwere Ladungen meist im Boden und im Zwischendeck. Anderseits ist auch die Stauung der Ladung mit Bezug auf die Verteilung auf die Schiffslänge von Wichtigkeit; man muß dahin streben, die schweren Ladungen möglichst mittschiffs zu lagern, teilweise um die Belastung des Schiffsrumpfes, welcher mittschiffs den größten Auftrieb hat, günstig zu gestalten, teilweise um die Stampfbewegungen auf See möglichst zu mildern, da dieselben bei Anhäufung von schweren Gewichten an den Schiffsenden sehr heftig werden können.

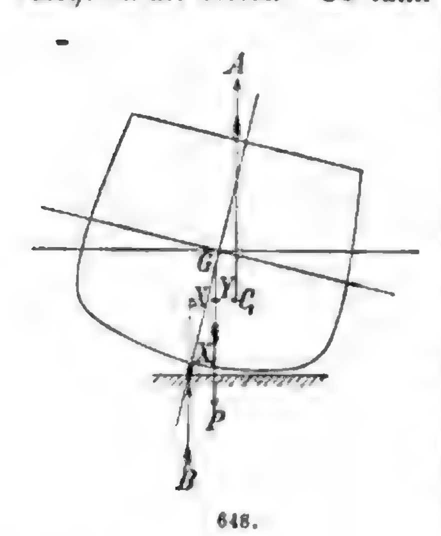
Neben der Stauung der Ladung mit Bezug auf die Schwerpunktslage kommt nun noch ein anderer wichtiger Faktor, die **Beweglichkeit der Ladung**, in Frage. Dieser Umstand, welcher bei flüssigen Ladungen — Petroleum, Wasser — sowie bei beweglichen Ladungen, Getreide, Reis, sehr lange Zeit weniger beachtet worden ist und den Verlust einer größeren Zahl von Schiffen mit sich gebracht hat, beruht auf der Thatsache, daß durch das Überschießen der Ladung die Stabilität des Schiffes sich erheblich verringert, so daß ein Kentern des Schiffes auch dann eintreten kann, wenn bei regelrechter Stauung der Ladung die Anfangsstabilität eine genügende war. Diese Verringerung der Stabilität hat darin ihren Grund, daß beim Neigen des Schiffes nicht allein der Schwerpunkt des Deplacements oder Auftriebs sich nach der eintauchenden Seite wendet, sondern durch die nach Lee überschießende Ladung der sonst fest anzusehende Systemschwerpunkt des Schiffes ebenfalls nach dieser Seite verschoben wird, wie aus nebenstehender Abb. 647 zu ersehen ist. Ist F der Schwerpunkt der beweglichen Ladung in der aufrechten Lage, so geht er bei Neigung des Schiffes infolge Überschießens nach F_1 über, so daß der Systemschwerpunkt G die Symmetrieebene verläßt und gleichfalls nach Lee, nach G_1, wandert. Der Hebelarm der Stabilität GN wird demnach auf $G_1 N_1$, die metazentrische Höhe um GE verkleinert. Um sich ein klares Bild über die Wirkung der übergeschossenen Ladung machen zu können, diene folgende Betrachtung. Das Gewicht der übergeschossenen Ladung wirkt durch den Schwerpunkt F_1 derselben vertikal nach abwärts. Verlängert man diese Vertikale bis zum Schnittpunkt mit der Symmetrieachse M_1, so kann man sich in diesem Punkt das Gewicht der übergeschossenen Ladung konzentriert denken und dementsprechend feststellen, ob der hierdurch nach oben gerückte Systemschwerpunkt dem Metazentrum so nahe gekommen ist, daß die metazentrische Höhe eventuell null oder gar negativ geworden ist. Außerdem kommt durch das Überschießen der Ladung nach Lee eine bedeutende lebendige Kraft auf den Schiffskörper zur Wirkung, welche dahin strebt, die Neigung des Schiffes in einem Moment zu vergrößern, wo gerade die Stabilität durch die Verschiebung der Ladung verringert ist, und so können beide Kräfte auf das Kentern des Schiffes wirken. Ähnliche Verhältnisse treten ein, wenn einzelne Räume des Schiffes durch Beschädigung der Außenhaut überflutet werden. Wenngleich das einströmende Wasser im Inneren des Schiffes eine möglichst tiefe Lage einnehmen wird, und dadurch der Anschein erweckt wird, als ob die Stabilität sich unter allen Umständen hierdurch vergrößert, da der Systemschwerpunkt durch das hinzugekommene, tief gelagerte Wasser nach unten wandert, so ist dies nur ein Trugschluß, da beim Überneigen des Schiffes das ins Schiff eingedrungene Wasser durch das Überschießen seinem Gewicht nach in dem Punkt M_1 gedacht werden muß, also sehr hoch zu liegen kommt. Die Thatsache,



647.

daß Schiffe mit größerer Leckstelle infolge Kollisionen u. s. w. vor dem Sinken erst kentern, erscheint hiernach vollkommen erklärlich. Um dieser Gefahr vorzubeugen, ist es daher nur nötig, das Überschießen von Wasser bezw. der Ladung querschiffs zu verhindern. Auf Handelsschiffen baut man zu diesem Zweck für Getreide und ähnliche bewegliche Ladungen hölzerne Längsschotte ein, wodurch die Verschiebung der Ladung erheblich verringert wird; bei flüssiger Ladung, wie bei den Petroleumtankdampfern, werden wasserdichte stählerne Längsschotte vorgesehen. Bei Kriegsschiffen, bei denen die Gefahr der Überflutung infolge des Rammstoßes oder durch die Wirkung des Torpedos leicht zu erwarten steht, ist man bestrebt, die Einteilung des Schiffes in wasserdichte Abteilungen und Zellen durch entsprechende Quer- und Längsschotte derart zu vermehren, daß durch die freie Bewegung des Flutwassers die Stabilität des Schiffes nicht übermäßig gefährdet wird.

Der Verlust an Stabilität tritt jedoch nicht allein durch Leckagen unterhalb der Wasserlinie und entsprechendes Überfluten des Schiffsinneren ein, er kann auch ein erhebliches Maß erreichen, wenn beim Zerstören der Bordwand in der Wasserlinie durch Kollisionen oder bei Kriegsschiffen durch die feindlichen Geschosse ein Teil des Schiffsinneren überflutet wird, so daß die Schwimmebene in ihrer ganzen Ausdehnung nicht mehr intakt bleibt. Es kann also dann nur derjenige Teil der Schwimmebene für die Stabilität in Frage kommen, welcher nicht überflutet ist, und das Trägheitsmoment der intakten Schwimmebene und hiermit auch der Wert von C M wird sich entsprechend verkleinern. Anderseits wird durch die Überflutung und die Tiefertauchung des Schiffes das Deplacement vergrößert, und auch hierdurch wird sich der Wert von C M verringern. Als ein Beispiel möge das englische Panzerschiff „Inflexible“ angeführt werden, dessen Panzergürtel in der Wasserlinie sich nur auf etwa $^1/_3$ der Schiffslänge mittschiffs erstreckt, während die Schiffsenden in der Wasserlinie ungeschützt sind und nur unterhalb der Wasserlinie zum Schutz der unteren Räume des Schiffes ein starkes Panzerdeck tragen. Für den Fall, daß die Seitenwände der ungeschützten Schiffsenden durchschossen sind, so daß die letzteren bis zu den Panzerdecks überflutet werden, wird sich die metazentrische Höhe MG von 2,5 m auf 0,6 m verringern, ein Beweis, wie wichtig der Schutz der Wasserlinie durch einen Panzergürtel für die Sicherung der Stabilität ist. Man ist daher bestrebt, die Wasserlinie möglichst auf die ganze Länge des Schiffes zu panzern und die ungeschützten Teile, in den meisten Fällen das Achterschiff, neben einem Unterwasserpanzerdeck an der Bordwand mit einem Kork- oder Cellulosedamm zu umgeben, welcher einerseits das Eindringen von Wasser durch das Schußloch infolge des Quellens des Korkes bezw. der Cellulose möglichst einschränkt, anderseits jedoch bei eingetretenem Überfluten der Räume über dem Panzerdeck gewissermaßen als Schwimmgürtel dient und dahin wirken soll, das Trägheitsmoment der Schwimmebene durch die Erhaltung des Korkgürtels in dem überfluteten Teil nicht ganz zu beseitigen.



648.

Ein weiterer Fall der Verminderung der Stabilität tritt ein, wenn das Schiff mit seinem Kiel **auf Grund** gerät. Während bei einem schwimmenden Schiff dem Metazentrum gleichsam die Rolle eines Aufhängepunktes zufällt, so daß stabiles Gleichgewicht vorhanden ist, wenn der Schwerpunkt des Schiffes unter dem Metazentrum liegt, wird bei einem ganz auf dem Kiel ruhenden Schiffe, also wenn es im Dock trocken gestellt ist, dieser Aufhänge- bezw. Unterstützungspunkt an die Unterkante des Kiels verlegt. Es muß daher ein labiles Gleichgewicht eintreten, da alsdann der in seiner Lage verbleibende Schiffsschwerpunkt erheblich über dem Unterstützungspunkt liegt. Ist das Schiff auf Grund geraten, so kommt als Druck auf den Kiel nicht das ganze Schiffsgewicht, sondern die Differenz zwischen diesem und dem verbleibenden Auftrieb in Frage und kann derselbe

die Stabilität bis zur labilen Gleichgewichtslage verringern. Beim Überholen des Schiffes kann jedoch die stabile Gleichgewichtslage wieder eintreten, wenn der Angriffspunkt des Auftriebes C derart zur Seite geschoben wird, daß der Auftrieb A und das Schiffsgewicht P mit Bezug auf den Kiel als Drehpunkt sich das Gleichgewicht halten, wenn also $A = \frac{Px}{x-y}$ ist (Abb. 648). In diesem Falle wird $B = \frac{Py}{x+y}$. Der Wert von B, d. h. also der Druck des Grundes gegen den Kiel, wird nun gleich Null, wenn $y = 0$, d. h. wenn man den Systemschwerpunkt des Schiffes derart nach Lee verschiebt durch Umstauen von Ladung oder Ausrüstungsgegenständen, daß er in die Vertikale des Auftriebs fällt, vorausgesetzt, daß ein genügend großer Freibord und die hierdurch bedingte Stabilität des Schiffes dies gestattet. Alsdann wird naturgemäß auch wieder $A = P$, d. h. Auftrieb gleich Schiffsgewicht; hierauf beruht das praktische Manöver zum Abbringen auf Grund geratener Schiffe. Es kommt hierbei noch in Betracht, daß beim Neigen des Schiffes um die Unterkante Kiel auf der Leeseite meist ein größeres Keilstück des Schiffes ins Wasser, als auf der Luvseite zum Austauchen gelangt, so daß das Deplacement und somit der Auftrieb sich nach und nach vergrößert und ein Auftauchen des Schiffes veranlaßt.

Schwingungen des Schiffes im ruhigen Wasser und auf See.

Die Schwingungen des Schiffes im ruhigen Wasser entstehen durch Gleichgewichtsstörungen, sei es veranlaßt durch den Winddruck, sei es durch in regelmäßigen Zeitläuften aufeinander folgende Gewichtsverschiebungen. Die schwingende Bewegung steht unter dem Einfluß der Stabilitätskraft und der Masse des Schiffes, und das Schiff gelangt erst infolge der Widerstände im Wasser und in der Luft allmählich zur Ruhe. Die Schwingungen des Schiffes um die Längsachse nennt man **Schlingern** oder **Rollen**, und man bezeichnet mit Schlingern die kurzen, hastigen Bewegungen, mit Rollen die langsamen, weitausholenden Schwingungen desselben. Die Schwingungen um die Querachse nennt man **Stampfen** oder **Setzen**, und zwar spricht man von Stampfen bei Bewegungen des Schiffsbuges, von Setzen bei denjenigen des Hecks. Neben diesen schwingenden Bewegungen treten auf See auch vertikale auf, bei welchen das Schiff aus seiner ursprünglichen Schwimmebene sich heraushebt bezw. sich in dieselbe hineinsenkt. Diese Schwingungen nennt man Tauchbewegungen.

Von den Schwingungen des Schiffes verdienen nun vor allem die Schlinger- und Rollbewegungen mit Bezug auf die Sicherheit und das Verhalten der Schiffe auf See die größte Beachtung. Die Größen derselben werden gemessen durch die Neigungen, welche das Schiff um die Längsachse von der aufrechten Lage nach jeder Seite vollführt, und man versteht unter einer einfachen Schwingung den Bogen, welchen z. B. die Spitze des Mastes von der größten Neigung nach Steuerbord bis zur größten Neigung nach Backbord macht, und die Periode der Schwingung ist die Zeit, welche hierzu gebraucht wird. Bewegt sich daher z. B. ein Schiff von einem Winkel von 10 Grad nach Steuerbord zu einem Winkel von 9 Grad nach Backbord in einer Zeit von 6 Sekunden, so ist der Schwingungsbogen 19 Grad und die Periode 6 Sekunden. Sieht man von den Widerständen der Bewegung ab, so kann man das rollende Schiff mit der Bewegung eines physischen Pendels vergleichen, und aus eingehenden Beobachtungen und mathematischen Untersuchungen hat sich ergeben, daß die Länge des gleichschwingenden physischen Pendels gleich dem Quadrat des Trägheitsradius des Schiffes dividiert durch die metazentrische Höhe ist. Die Periode oder Schwingungsdauer des Schiffes in Sekunden bestimmt sich daher aus der Gleichung $t = \sqrt{\frac{r^2}{MG}}$, worin r der Trägheitsradius des Schiffes ist. Derselbe ergibt sich aus dem Trägheitsmoment des Schiffes I und der Masse M desselben aus der Gleichung $I = Mr^2$. Liegen hiernach die Hauptgewichte des Schiffes weit von der Längsachse desselben entfernt, wie z. B. bei Panzerschiffen der Gürtelpanzer an den Schiffsseiten, so wird das Trägheitsmoment um die Längsachse und demnach der Trägheitsradius groß ausfallen. Die Schwingungen eines Schiffes werden nun um so langsamer und sanfter sich gestalten, die Periode also um so größer sein, je größer der Trägheits-

radius des Schiffes und je kleiner seine metazentrische Höhe ist und umgekehrt. Man ist daher beim Entwurf des Schiffes im stande, die Schwingungszeit desselben im voraus festzulegen. Da jedoch die Gewichtsverteilung im Schiff in der Hauptsache von anderen Gesichtspunkten, wie Geschützarmierung, Panzerung u. s. w. abhängig ist, so liegt es nicht immer in der Macht des Konstrukteurs, dem Trägheitsradius im voraus eine bestimmte Größe zu geben; dagegen bietet die Wahl von MG ein Mittel, die Schwingungszeit innerhalb bestimmter Grenzen festzulegen. Diese Resultate stimmen vollkommen mit der praktischen Erfahrung überein. Auch hat sich ergeben, daß für Schwingungsausschläge bis zu 15 Grad die Schwingungszeit für kleine und große Ausschlagwinkel gleich ist, so daß das Schiff als ein isochronschwingendes Pendel angesehen werden kann.

In Wirklichkeit treten nun beim Schlingern des Schiffes die Widerstände desselben im Wasser hinzu. Dieselben setzen sich zusammen aus der Oberflächenreibung, dem direkten Wasserwiderstand der flachen Schiffsteile und dem wellenbildenden Widerstand, d. h. dem Kraftverlust, welcher durch die Erzeugung der beim Schlingern entstehenden Wellen aufgewendet wird. Zur Ermittelung dieser Widerstände sowie zur Bestimmung der Schwingungsdauer eines Schiffes und zur Ermittelung seines Trägheitsmoments dienen Schlingerversuche mit fertig ausgerüsteten Schiffen. Dieselben bestehen darin, daß man das Schiff durch regelmäßiges Überlaufen von Mannschaften von Bord zu Bord in Schwingungen versetzt und nach plötzlichem Stillstehen der Mannschaft mittschiffs das Schiff ausschwingen läßt. Hiernach hat sich ergeben, daß durch Vergrößern der Widerstände die Schwingungen des Schiffes bis zur Ruhelage erheblich abnehmen, während die Zeit einer Schwingung sich nur um einige Zehntel Sekunden ändert. Die Vermehrung des Widerstandes erzielt man durch Anbauen von **Kimmkielen**, etwa 300 bis 600 mm hohe Balken, welche in Höhe der Kimm des Schiffes auf etwa $^2/_3$ der Schiffslänge an der Außenhaut befestigt werden und beim Schlingern einen bedeutenden Widerstand im Wasser erzeugen, oder durch Einbauen von **Wasserkammern**, querschiffs angeordneten Tanks, welche mit einer bestimmten Menge Wasser gefüllt sind. Ihr Prinzip besteht darin, daß beim Schlingern des Schiffes das Wasser nach der geneigten Schiffsseite überläuft ähnlich dem Überlaufen von Mannschaften beim Schlingerversuch, nur mit dem Unterschied, daß das Wasser der Zeitfolge nach sich in entgegengesetzter Richtung bewegt und demnach dem aufrichtenden Moment entgegenwirkt.

649. Schwingung eines Flosses auf einer Welle.

Betrachtet man nun das Schiff auf einer Ozeanwelle und zwar in der ungünstigen Lage quersees, mit der Breitseite auf der Welle schwimmend, so gestalten sich die Verhältnisse der Schlingerbewegungen anders.

Während der Auftrieb des Schiffes in ruhigem Wasser stets vertikal nach oben gerichtet ist, stellt sich die Richtungslinie des Auftriebs beim Schwimmen des Schiffes auf einer Welle stets normal zur Wasseroberfläche ein, d. h. zur Oberfläche desjenigen Teils der Welle, in welcher das Schiff schwimmt. Die Richtungslinie des Auftriebs ändert sich daher von Punkt zu Punkt der Wellenkontur, und die Neigungsänderungen derselben gleichen den Schwingungen eines Pendels, welches eine Periode besitzt gleich der Periode der halben Wellenlänge. Infolge der Stabilitätskraft hat nun das Schiff das Bestreben, sich nach der jeweiligen Richtungslinie des Auftriebes einzustellen. Bei Schiffen mit großer metazentrischer Höhe und kleiner Schwingungsperiode wird das Einstellen um so schneller geschehen, je größer die Schwingungsdauer der Richtungslinie des Auftriebes d. h. der halben Wellenperiode ist. Das Deck des Schiffes wird daher fast parallel zur Wellenkontur liegen, ähnlich einem Floß (Abb. 648). Als Beispiel für diesen Fall dienen die amerikanischen Monitors, welche eine sehr große metazentrische Höhe und dementsprechend eine sehr kleine Periode — $2^3/_4$ Sekunden — besitzen und welche bei der Fahrt über den Atlantischen Ozean beim Schlingern quersees fast kein Wasser auf das sehr niedrig über Wasser liegende Deck bekommen haben. Sie bieten jedoch keine stetige Plattform, da sie

sich ganz mit den Wellen bewegen. Bei schmalen und ranken Schiffen mit entsprechend großer Stillwasserperiode wird die Bewegung zum Einstellen in die Richtungslinie des Auftriebes eine sehr langsame sein. Das Schiff hat dann die Schwingung noch nicht beendet, wenn die halbe Wellenlänge vorüber ist und demnach die Richtungslinie des Auftriebs ihre Schwingung beendet hat. Eine Welle, deren Periode demnach kleiner ist als die doppelte Stillwasserperiode eines Schiffes, wird daher dasselbe nur wenig in seiner aufrechten Lage stören; das Deck bleibt fast horizontal liegen und bildet eine stetige Plattform. Diese Eigenschaft des Schiffes, welche man vorzüglich bei Schnelldampfern antrifft, nennt man Stetigkeit. Ist nun die Stillwasserperiode eines Schiffes gleich der halben Wellenperiode, so wird jeder Wellenzug, da Schiff und Richtungslinie des Auftriebs gleichmäßig schwingen, den Neigungswinkel vergrößern, und das Schiff wird nach dem Passieren einiger Wellenzüge überrollen oder kentern, wenn nicht der bedeutende Seitenwiderstand des Wassers die Bewegung des Schiffes bremst. Es entspricht dies dem Fall eines Pendels, welches zu großen Ausschlägen gebracht werden kann, wenn dasselbe in bestimmten Zeitintervallen kleine Impulse erhält. Dieser theoretisch begründete Satz hat sich durch die Erfahrungen bestätigt. Wenngleich ein Kentern von Schiffen wegen der beim Rollen auftretenden Widerstände nicht immer eintritt, so hat man doch Neigungen bis zu 40 und 50 Grad beobachtet, wenn das sonst ruhig schlingernde Schiff in Wellen zu liegen kam, deren Periode doppelt so groß war, als die Schiffsperiode. Man muß daher bestrebt sein, dem Schiff beim Entwurf eine Stillwasserperiode zu geben, welche größer ist, als die halbe Wellenperiode der größten Ozeanwellen. Da letztere eine Periode von 10 bis 11 Sekunden haben, so ist eine Stillwasserperiode von 5 $^1/_2$ Sekunden günstig. Sobald die Lage des Schiffes zur Welle nicht mehr quersees ist, wenn also das Schiff unter einem Winkel zum Wellenzuge sich bewegt, so wird sich die relative Wellenperiode ändern, und ergeben sich dann andere Schlingerbewegungen. Man muß daher den Schiffskurs so wählen, daß man eine Übereinstimmung der Schiffsperiode mit der halben Wellenperiode vermeidet.

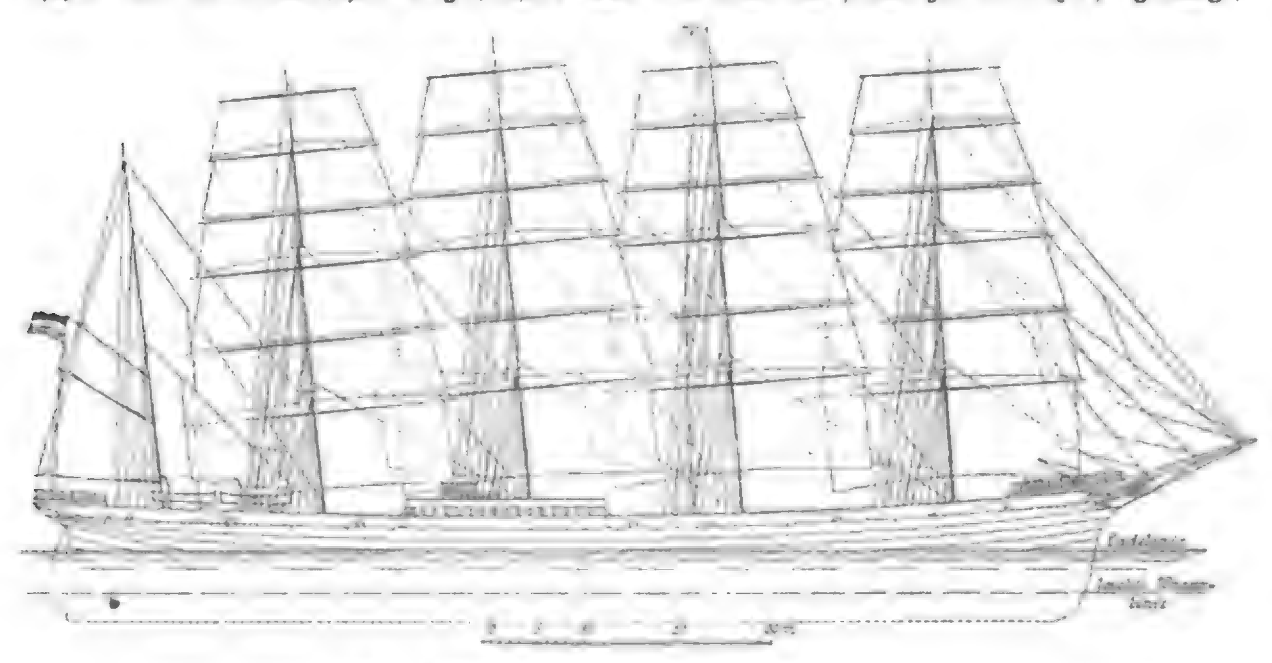
Als seiner Zeit das erste französische Panzerschiff „Gloire“ auf See sich durch heftiges Schlingern auszeichnete, glaubte man beim Bau des Schwesterschiffes diesen Übelstand dadurch beseitigen zu können, daß man die Hauptgewichte und dementsprechend den Systemschwerpunkt tiefer brachte, da man irrtümlich annahm, daß das heftige Schlingern durch die Topschwere veranlaßt sei. Die hierdurch vergrößerte metazentrische Höhe verursachte jedoch ein weit heftigeres Schlingern mit größeren Ausschlägen als anfänglich, so daß wieder Gewichte nach oben verschoben werden mußten. Diese irrtümliche Auffassung, daß ein heftiges und weitausholendes Schlingern des Schiffes ein Zeichen der Topschwere bezw. eines unstabilen Schiffes sei, ist noch vielfach vertreten, man sucht in solchem Fall irrtümlicherweise Ballasteisen tief zu verstauen, da man ein Kentern zu befürchten glaubt, während anderseits die ranken und meist wenig stabilen Schnelldampfer, weil sie in See ruhig liegen und sanfte, wenig ausholende Bewegungen machen, im Kreise der Laien als Schiffe von großer Stabilität gelten, was sie in der That nicht sind.

Besegelung und Ruder.

Die Verwendung der Segel zur Fortbewegung der Schiffe gehört, wie wir in der Einleitung gesehen haben, zu den ältesten Hilfsmitteln des Schiffbauers, und dieselbe ist bis in die neueste Zeit demselben treu geblieben. Der mächtige Aufschwung der Dampfschiffahrt hat freilich einen Rückgang der Segelschiffe zur Folge gehabt, doch sind schnelle Segler zu jeder Zeit von Bedeutung gewesen. So gehörten seiner Zeit die spanischen und portugiesischen Sklavenschiffe, welche den Menschenhandel zwischen Afrika und Amerika betrieben, später die sogenannten Fruchtschiffe, welche im Frühjahr die ersten Südfrüchte vom Mittelmeer nach England und Hamburg brachten, zu den besten Seglern. Später bauten die Amerikaner die sogenannten Klipperschiffe, schnelle Segler mit schlanken Schiffslinien, für den Verkehr nach den Goldfeldern in Kalifornien um das Kap Horn herum, und heutzutage reihen sich diesen Seglern die gewaltigen eisernen

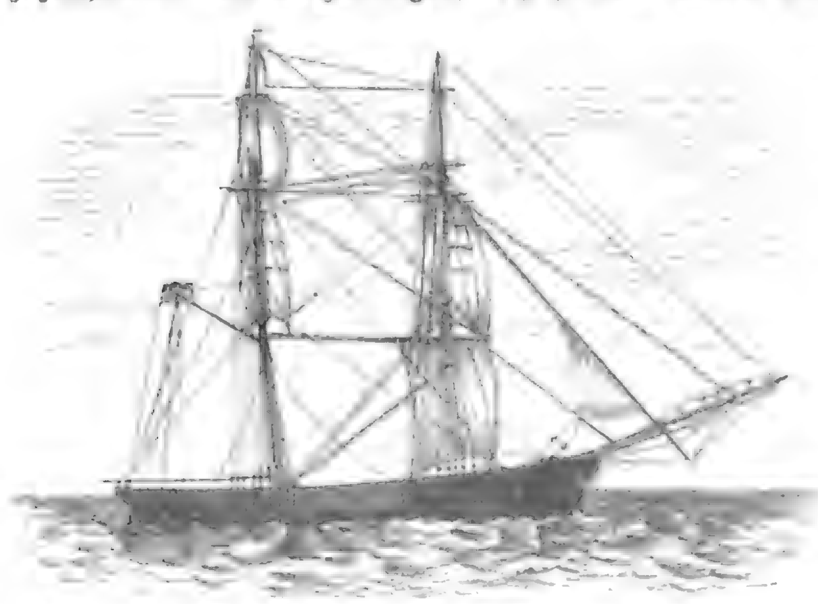
Segelschiffe an mit Takelagen bis zu fünf vollgetakelten Masten für den Verkehr nach Ostindien sowie Ostasien.

Die Kunst des Segelns ist schließlich in den letzten Jahrzehnten durch den Segelsport und durch den vor einigen Jahren wieder aufgelebten Wettstreit zwischen den englischen und amerikanischen Segeljachten um den Amerika-Pokal zu einer Höhe gelangt,



650. Fünfmaster. Nach „Zeitschrift d. Ver. d. Ing."

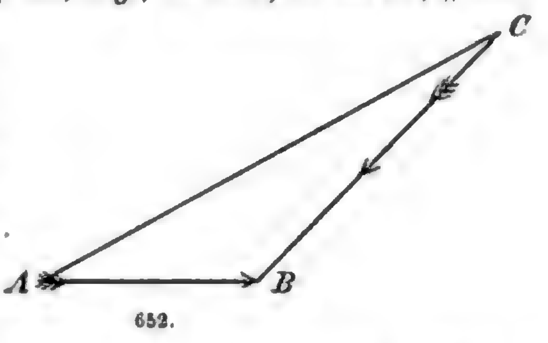
welche sie bis dahin noch nicht erreicht hatte. Infolge dieses Wettstreites haben sich in der Anordnung der Takelage und bei der Anfertigung und dem Setzen der Segel Verbesserungen herausgebildet, welche teilweise mit den alten Überlieferungen der erfahrenen Seeleute brachen. Während man früher allgemein dem Prinzip huldigte, die Segel so zuzuschneiden und auszubringen, daß sie beim Winde einen Bauch bezw. Sack bildeten, damit der Wind sich in denselben staut und so scheinbar in gehäufter Weise seine Kraft auf die Segel zur Geltung bringt, ist man jetzt, nach dem Vorgang der Amerikaner, auf die brettartig gespannten Segelflächen übergegangen nach dem Grundsatz, daß eine ruhende Luftschicht nicht wirksam ist, sondern, daß die Segelflächen von stets neuen Windstößen getroffen werden müssen. Man sucht daher die Segelflächen durch Einnähen von Latten, sowie durch Anreihen der Segel an Bäume, Mast und Gaffel möglichst brettartig zu spannen, damit die auf das Segel geführte Luft leicht und ohne erheblichen Widerstand entweichen kann, und man hat hiermit die günstigsten Erfolge erzielt.



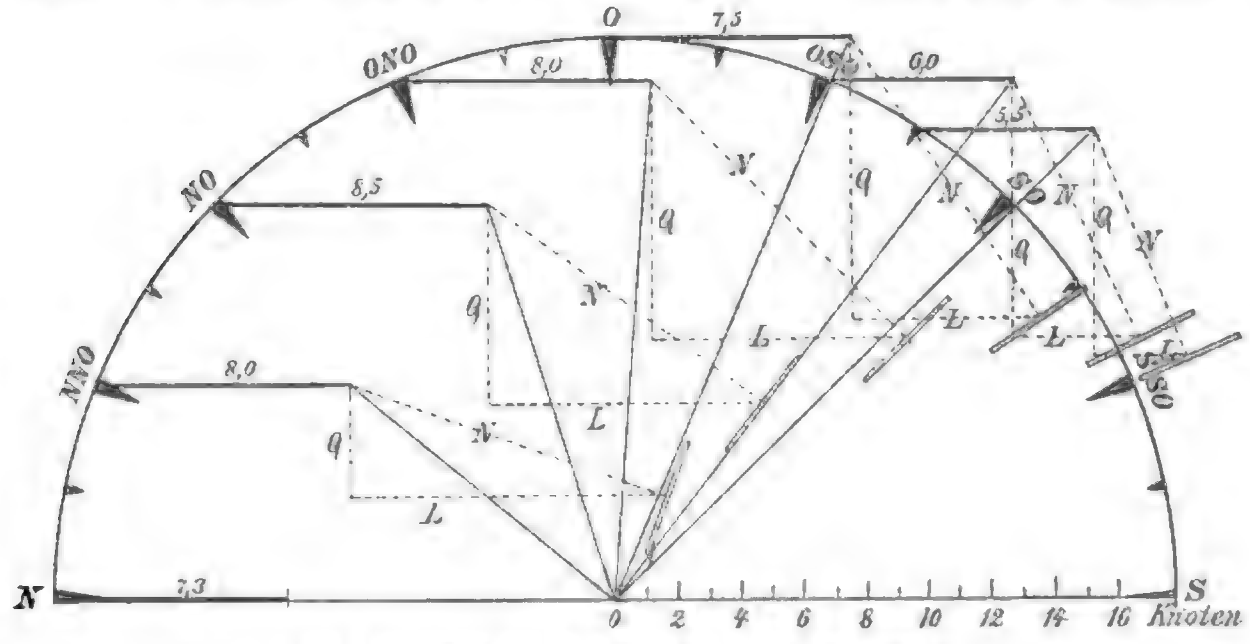
651. Brigg vor dem Winde segelnd.

Die Wirkungsweise des Windes auf die Segel sowie auf die Fortbewegung des Schiffes ergibt sich nun aus folgenden Betrachtungen. Nach Erfahrungsdaten berechnet sich der Winddruck P in kg senkrecht auf eine Fläche von F qm Inhalt zu

$P = 0{,}09 . V^2 F$, worin V die Geschwindigkeit des Windes in m pro Sekunde angibt; derselbe ändert sich daher mit dem Quadrat der Windgeschwindigkeit. Der einfachste Fall für die Fortbewegung des Schiffes durch den Wind ist derjenige, bei welchem das Schiff den Wind gerade in dem Rücken hat, so daß es also mit oder vor dem Winde fährt. Hierbei werden die Raasegel rechtwinkelig zur Längsachse des Schiffes, d.h. querschiffs gebraßt und kommen die sogenannten Schratsegel weniger in Gebrauch. Die Fahrt des Schiffes vor dem Winde ist durchaus nicht die schnellste, im besonderen für Schiffe mit großer Takelage, denn abgesehen davon, daß hierbei in der Hauptsache nur die Segelfläche des hinteren Mastes zur Geltung gelangt, da die vorderen Segel sowie die Schratsegel durch diese bekalmt werden — man sucht daher vor dem Winde durch Setzen von Beisegeln, Leesegel und Spinnaker, an wirksamer Segelfläche zu gewinnen — so verringert sich die scheinbare Windgeschwindigkeit und demnach der Winddruck



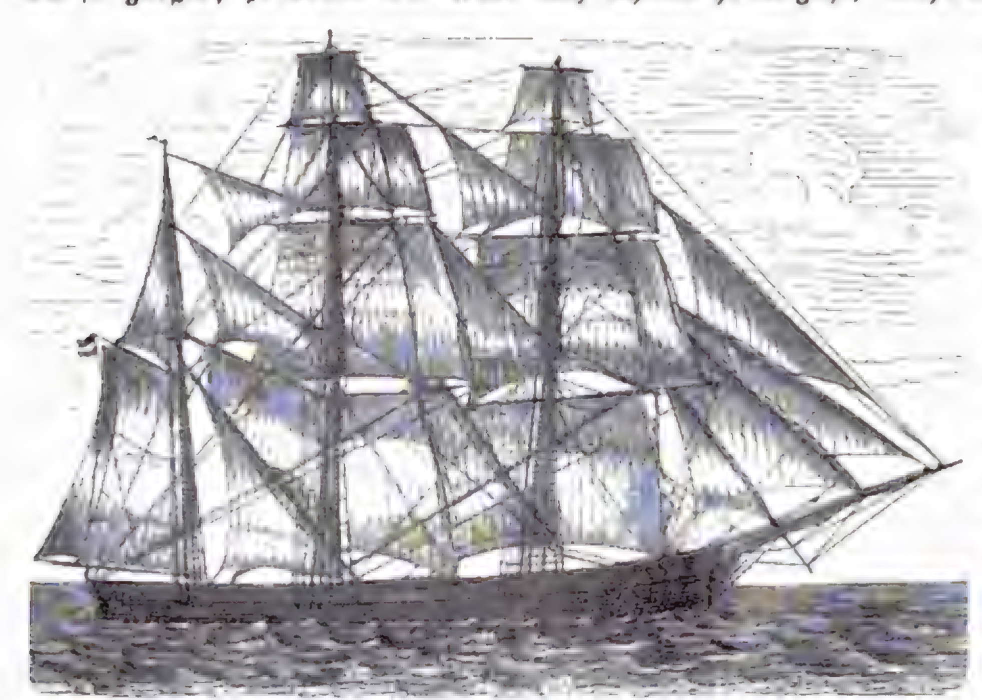
652.



653. Diagramm betr. Richtung und Stärke des Windes.

auf die Segel durch das Vorwärtslaufen des Schiffes um die Größe der Schiffsgeschwindigkeit. Für ein in Fahrt befindliches Schiff bildet daher nicht die wirkliche Stärke und Richtung des Windes die treibende Kraft, sondern es ist für die Segelführung und Segelstellung die scheinbare Stärke und Richtung des Windes maßgebend. Sie werden durch einen an Bord befindlichen Windmesser und die Windfahne angegeben. Die scheinbare Bewegung des Windes ist die Resultante aus dessen wirklicher Bewegung und der negativ zu nehmenden Bewegung des Schiffes. Gibt daher AB die Richtung und die Länge von AB die Geschwindigkeit des Schiffes in einem bestimmten Maßstab an, CB die Richtung und der Länge nach die Geschwindigkeit des wirklichen Windes, so ist CA die Richtung des scheinbaren Windes, und die Länge von CA entspricht der Geschwindigkeit dieses Windes. Durch die Fahrt des Schiffes voraus wird daher ein in der Kielrichtung des Schiffes von hinten wirkender Wind in seiner Stärke um die Geschwindigkeit des Schiffes verringert und in seiner Richtung nicht geändert. Ein von seitwärts achtern einfallender Wind kommt seiner Richtung nach mehr von vorn, während er in seiner Geschwindigkeit etwas verringert wird, ein von seitwärts vorn auf die Segel treffender Wind nimmt einen spitzeren Winkel mit der Kiellinie an und an Stärke zu. Je nach der Richtung des scheinbaren Windes müssen nun die Segelstellungen so gewählt werden, daß sie auf die Fortbewegung des Schiffes am günstigsten wirken.

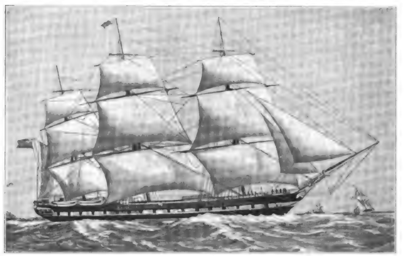
Über die Richtung und Stärke des scheinbaren Windes, die entsprechende Segelstellung und die erzielte Geschwindigkeit des Schiffes gibt nebenstehendes Diagramm (Abb. 653) ein klares Bild; es ist für dasselbe ein Segelschiff mit Raasegeln, sowie eine Windgeschwindigkeit von 18 Seemeilen pro Stunde entsprechend der Windstärke VI — starke Brise — zu Grunde gelegt. In diesem Diagramm werden die wirklichen Windrichtungen durch die Kompaßrose angegeben; die Schiffsgeschwindigkeiten in Seemeilen parallel der Kurslinie unter Vernachlässigung der Abtrift sind durch starke Linien, die scheinbaren Windrichtungen und Stärken durch schwache Linien gekennzeichnet, während die betreffenden Segelstellungen durch Doppellinien angegeben sind. Hiernach erhält das von Norden nach Süden segelnde Schiff die größte Geschwindigkeit bei der Windrichtung NO, d. h. bei dem sogenannten Backstagswind und variiert die scheinbare Windgeschwindigkeit von 10,7 Seemeilen bis 21 Seemeilen. Dieselbe ist nun wiederum zerlegt in eine Normaldruckkomponente auf die Segelfläche N und letztere weiter in die Querschiffskomponente Q und die Längsschiffskomponente L. Die letztere, welche das Schiff voraus treibt, wird um so größer, je weiter der Wind nach achtern herumgeht, während die Normaldruckkomponenten für alle Segelstellungen ziemlich gleich bleiben. Daß trotzdem die Geschwindigkeit des Schiffes vor dem Winde verhältnismäßig gering ist, hat in der Hauptsache seinen Grund darin, daß die vorderen Segel von den hinteren bekalmt werden, so daß die ersteren nicht voll zur Wirkung gelangen. Diese Erkenntnis, welche sich erst allmählich durch die theoretische Behandlung der Schiffbaukunst Bahn gebrochen hat, hat dazu geführt, möglichst jede Windrichtung zur Fortbewegung des Schiffes auszunutzen. Ist nämlich der Wind der Fahrtrichtung des Schiffes genau entgegengesetzt, so kann derselbe zur Fortbewegung des Schiffes ausgenutzt werden, indem man gegen den Wind **aufkreuzt**, d. h. durch einen Zickzackkurs das Fahrzeug derart steuert, daß es immer hart am Winde liegt, d. h. den Wind um etwa 2 Strich gleich 22½ Grad von vorn erhält. Hierbei trifft dann der Wind die Segel abwechselnd von Steuerbord und Backbord und bezeichnet man jede Strecke des Zickzackkurses als **Schlag**. Kommt z. B. der Wind von Osten, und soll das Schiff seinen Weg nach Osten, d. h. gegen den Wind einschlagen, so muß man kreuzen. Macht das Schiff einen Schlag nach Backbord, so daß der Wind von Steuerbord auf die Segel trifft, so muß man die Segel so stellen, daß der Hals derselben, d. h. die untere vordere Nock eines Schratsegels oder die untere Nock eines Raasegels, welche bei angebraßter Raa nach vorn kommt, nach Steuerbord angeholt wird, während die Schote, die entsprechende hintere Nock des Segels, nach Backbord festgesetzt wird. Man sagt dann, das Schiff liegt über Backbordbug und segelt über Steuerbordhalsen. Hat das Schiff eine genügende Strecke über Backbordbug durchlaufen, so wendet man dasselbe in den Wind und bringt es auf Steuerbordbug, so daß alsdann der Wind von Backbord vorn einfällt und die Halsen auf Backbord angeholt werden müssen. Diese Wendung des


654. Bark mit halbem Winde segelnd mit Steuerbordhalsen.

Digitized by Google

Fahrzeuges durch den Wind von einem Bug zum anderen nennt man über Stag gehen, während das Manöver, welches das Schiff vor dem Winde herum über den anderen Bug bringt, mit Halsen bezeichnet wird.

Fällt die Windrichtung nicht mit dem Schiffskurs zusammen, so tritt neben der Fortbewegung des Schiffes in der Kielrichtung eine Seitwärtsbewegung, die Abtrift nach Lee ein. Unter Zugrundelegung des einfachsten Falles, ein Schiff mit einem Raasegel, ergeben sich folgende Verhältnisse. Ist AB die Kiellinie des Schiffes, CD die Stellung der Raa bezw. des Segels und FE die relative Windrichtung und Stärke des Windes, so zerlegt sich FE in FG parallel der Segelfläche und GE normal zu derselben. Für die Fortbewegung des Schiffes kommt jedoch nur GE in Frage, da FE auf die Segel keine Wirkung ausübt. GE kann man nun zerlegen in eine Kraft HE in der Richtung der Kiellinie und GH normal zu derselben, d. h. querschiffs gerichtet. Die Kraft HE wirkt allein auf Vorwärtsbewegung, die Kraft GH erzeugt die Abtrift nach Lee. Um nun den Segelschiffen möglichst günstige Fahrt voraus zu erteilen, muß man bestrebt



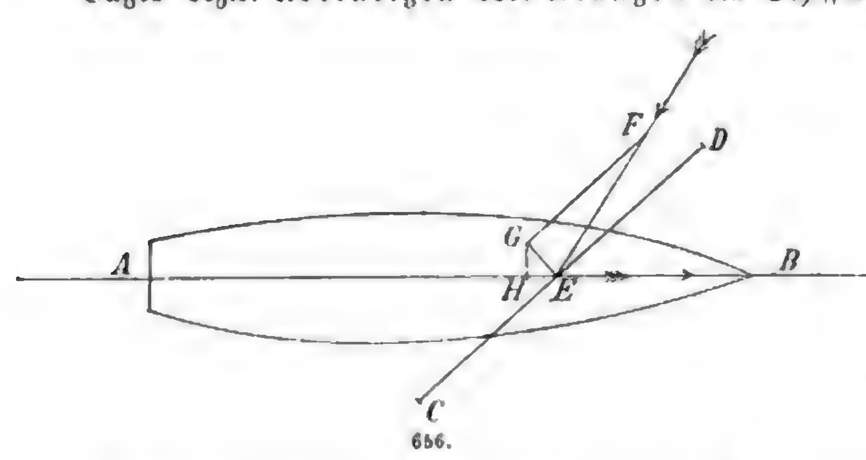
655. Vollschiff am Winde segelnd. Nach „The Engineer“.

sein, den Widerstand des Schiffes in der Kielrichtung möglichst klein, denjenigen querab jedoch möglichst groß zu gestalten. Bei Segeljachten, welche bei jeder Windrichtung eine möglichst große Geschwindigkeit herauspressen und daher beim Amwindesegeln ihr bestes Können beweisen müssen, sucht man den seitlichen Widerstand entweder für kleinere, flachgehende Boote durch Kielschwerte, für größere Fahrzeuge durch Verlängerung des Totholzes und des Kieles nach unten so weit zu vergrößern, daß die Abtrift auf ein Minimum beschränkt wird, um beim Kreuzen möglichst viel Höhe herauszusegeln, d. h. möglichst hart am Winde liegen zu können.

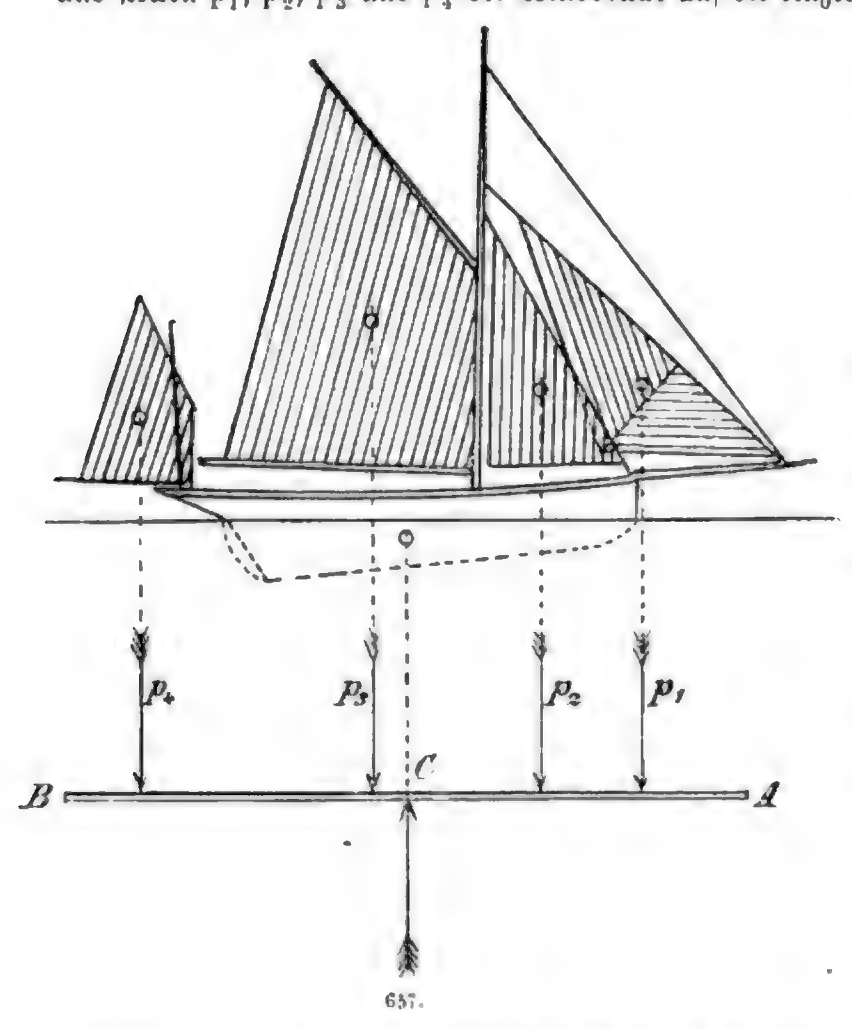
Je geringer nun der Frontwiderstand eines Segelschiffes gegenüber dem seitlichen sich ergibt und je größer die Segelfläche gewählt werden kann, um so mehr wird sich die Geschwindigkeit steigern lassen. Es ist hiernach keine Fabel, daß Segelschlitten, welche infolge ihrer Bauart große Stabilität und großen seitlichen Widerstand, aber äußerst geringe Reibung in der Kielrichtung besitzen, größere Geschwindigkeiten als der quer einfallende Wind erreicht haben. Entsprechend dem Diagramm (Abb. 653) erlangt bei einer Windgeschwindigkeit von 18 Seemeilen der scheinbare Wind eine Geschwindigkeit von 34 Seemeilen und der Segelschlitten eine solche von 28 Seemeilen, d. h. die $1\frac{1}{2}$ fache Windgeschwindigkeit.

Digitized by Google

Die längs- und querschiffs gerichteten Komponenten des Winddrucks auf die Segel setzen sich nun mit den entsprechenden Widerständen des Schiffes im Wasser, dem Front- bezw. Seitenwiderstand, zu Kräftepaaren zusammen, welche auf ein Niederdrücken des Buges bezw. Überneigen oder Krängen des Schiffes wirken. Während nun erstere Wirkung von nebensächlicher Bedeutung ist, darf doch das Krängen, um dem Schiffe genügende Sicherheit gegen Kentern zu geben, ein bestimmtes Maß nicht überschreiten. Das Segelareal sowie die Verteilung der Segelfläche der Höhe nach muß daher entsprechend der Stabilität des Schiffes gewählt werden, während die Verteilung der Segelfläche der Länge nach auf die Manövrierfähigkeit des Schiffes von Einfluß ist. Ist z. B. (Abb. 657) A B die Kiellinie des Schiffes und C die Lage des Schwerpunktes des Longitudinalplanes, d. h. derjenige Punkt, in welchem man sich den gegen die Abtrift wirkenden seitlichen Wasserwiderstand vereinigt denken kann, und stellen p_1, p_2, p_3 und p_4 die Winddrucke auf die einzelnen Segel dar, in den Schwerpunkten der Segelflächen angreifend gedacht, so kann man sich das Schiff als einen zweiarmigen Hebel vorstellen, welcher in dem Schwerpunkt des Longitudinalplans unterstützt ist und auf welchen die einzelnen Kräfte p_1, p_2, p_3 und p_4 wirken. Es findet nun Gleichgewicht statt, wenn die einzelnen Kräfte in ihren Momenten um den Schwerpunkt des Longitudinalplans gleich sind. Nimmt man jedoch z. B. im Vorschiff A C die Kraft p_1 fort, so wird das Gleichgewicht gestört und das Schiff wird sich nach der Seite des Windes um den Punkt C drehen, d. h. das Schiff wird beim Fortnehmen von Vorsegeln in den Wind drehen, d. h. anluven. Umgekehrt wird das Schiff vom Winde abdrehen oder abfallen, wenn man im Hinterschiff Segel wegnimmt bezw. verkleinert oder vorn weitere Segel zusetzt. Das erstere Manöver, d. h. das in den Wind Drehen, findet Anwendung, wenn man über Stag gehen will. Eine gleiche Veränderung der Gleichgewichtslage erzielt man, wenn man unter Beibehaltung der Segelfläche den Drehpunkt C verschiebt. Rückt C näher an A heran, also nach vorn, so erhalten die Winddrucke der Achtersegel die Oberhand, und das Schiff wird luvgierig, d. h. es hat das Bestreben, in den Wind zu drehen, was durch Legen des



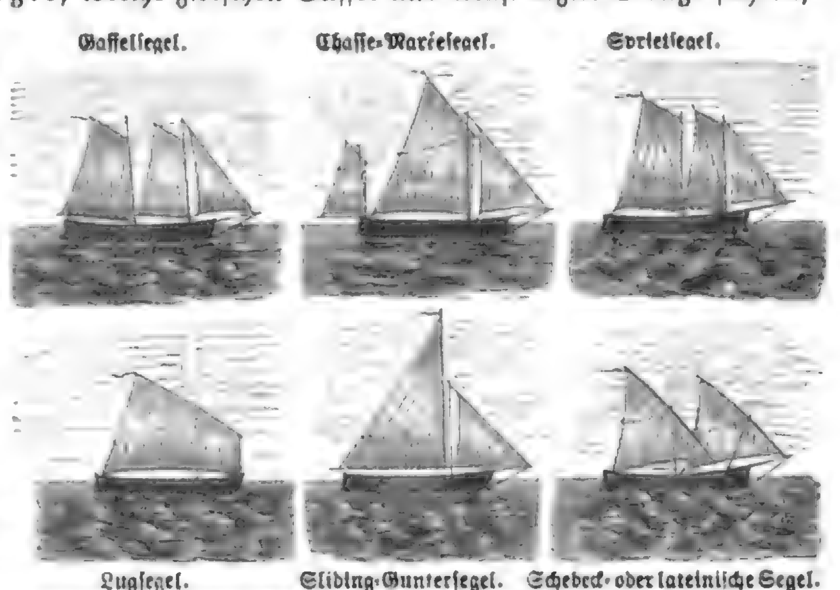
656.



657.

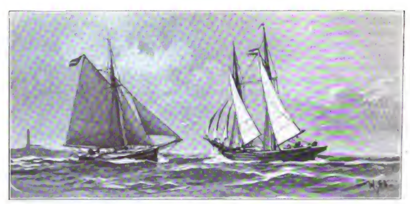
Steuerruders auszugleichen ist. Da hierdurch jedoch der Widerstand des Schiffes im Wasser vermehrt und demnach an Fahrt verloren wird, so muß man dahin streben, daß der Gesamtschwerpunkt der Segel mit dem Schwerpunkt des Longitudinalplanes in eine Vertikale fällt. Eine geringe Verschiebung des Longitudinalschwerpunkts kann man durch Umstauung von Ballast erreichen, und hiermit ist den Schiffbauern neben einer Änderung des Segelrisses ein Mittel an die Hand gegeben, die Segeleigenschaft eines Schiffes zu verbessern. Die Verteilung der Segelflächen erfolgt daher einmal mit Bezug auf die Stabilität des Schiffes der Höhe nach, das andere Mal mit Bezug auf die Manövrierfähigkeit der Länge nach, nach bestimmten Regeln, und hiernach haben sich die einzelnen Segelschiffstypen herausgebildet, je nach der Form ihrer Segel und der Art der Bemastung.

Die gebräuchlichsten Formen der Segel sind folgende. Die Stagsegel sind von dreieckiger Form und fahren an Stagen oder Leitern als Vorsegel oder als Schratsegel zwischen den Masten. Die Raasegel haben die Gestalt eines Paralleltrapezes mit nach innen ausgeschnittener Unterseite — Gillung, während die Gaffelsegel die Form eines Trapezoides haben; sie werden an der Achterkante des Mastes, an der Gaffel bezw. dem Baum ausgeholt. Die Topsegel, welche zwischen Gaffel und Mast bezw. Stenge fahren, haben die Gestalt eines Dreiecks oder Trapezoids. Bei den Bootstakelagen kommen neben den Stag- und Gaffelsegeln die Luggersegel mit geneigter Raa, die Sliding-gunter-Segel mit einer Gleitstange, die lateinischen Segel, dreieckige Segel mit steiler Raa, sowie die Sprietsegel mit dem Sprietbaum zur Verwendung.



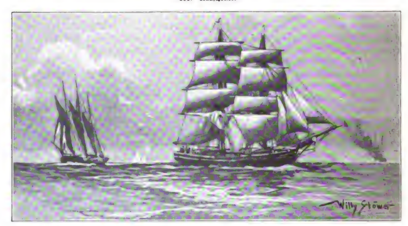
658. **Boote mit verschiedenen Segeln.**

Je nachdem nun die einzelnen Segel auf einen oder mehrere Masten verteilt werden, ergeben sich die verschiedenen Takelagen und Segelschiffstypen. Ein Fahrzeug mit einem Mast und verhältnismäßig großem Gaffelsegel als Hauptsegel sowie mit mehreren Stagsegeln, Fock und Klüver, als Vorsegel, heißt im allgemeinen Kutter. Je nach der Bauart des Schiffsrumpfes und den Küstenstrichen, an welchen sie verkehren, findet man besondere Namen, wie Schaluppe oder Schlup an der Küste Rügens und der Ostsee, Jacht, eine Art Schlup aber ohne Stenge an der Nordseeküste, oder Lomme im Frischen Haff, Tjalk an der holländischen Küste. Die Bezeichnung Kutter im besonderen findet in der Hauptsache auf schnellsegelnde Fahrzeuge, wie Zoll- und Lotsenkutter, Segeljachten, Anwendung. Die Segelschiffe mit zwei Masten gliedern sich in eine größere Zahl von Typen. Die bekannteste Art ist der Schoner oder Schuner. Beide Masten tragen Gaffelsegel mit Topsegel in Verbindung mit einer größeren Zahl von Vorsegeln, Zweimastgaffelschoner oder Vor- und Achterschoner, oder der Fockmast erhält mehrere Raasegel an einer Stenge, Schoner im besonderen. Besitzt der Fockmast zwei Stengen, Mars- und Bramstenge, und entsprechend mehr Raasegel, so nennt man das Fahrzeug Raaschoner, Schonerbrigg oder Brigantine. Trägt der Großmast wie der Fockmast mehrere Stengen- und Raasegel, so entsteht die Brigg. Für die Küstenschiffahrt und den Fischereibetrieb haben sich von den zweimastigen Schiffen weitere Abarten herausgebildet. So die Galeas bezw. Galiote, deren Großmast mit Gaffelsegel und Topsegel etwas vor der Mitte des Schiffes steht, während sich hinten am Heck der Besanmast mit Gaffelsegel befindet. Die Schoner-Galeas besitzt einen Großmast mit Raatakelage. Die größeren Segelschiffe mit drei oder vier Masten gliedern sich, je nachdem sie vorzugsweise Gaffel- oder Raa-



659. Kutter. 660. Gaffelschoner.

661. Raaschoner.



662. Dreimastschoner. 663. Brigg.

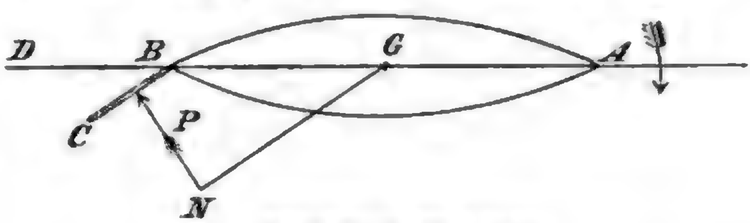
659 bis 663. **Verschiedene Schiffstypen.**

Digitized by Google

segel fahren, in Dreimastgaffelschoner oder Vollschiffe (Abb. 655). Zwischen beiden rangiert das Barkschiff mit einem mit Raasegeln vollgetakelten Fock- und Großmast und einem mit Schratsegeln besetzten Besanmast (Abb. 654). Tragen Fock- und Großmast nur eine Stenge und dementsprechend weniger Raasegel, so heißt die Takelung Schonerbark.

Um das Schiff steuern und mit demselben unter Segel manövrieren zu können, verwendet man das Ruder. Dasselbe besteht aus einer ebenen Fläche, der Ruderfläche, welche am Hintersteven des Schiffes gelagert ist und um eine vertikale oder geneigte Achse, die Ruderspindel, mit Hilfe eines Hebels, der Pinne, gedreht werden kann. Das Ruder bildet ein wichtiges Element des Schiffes, da ohne dasselbe die zur Zeit gewaltigen Schiffsgefäße steuerlos und Wind und Wellen vollkommen preisgegeben sind. Auf eine sachgemäße und dauerhafte Konstruktion des Ruders ist daher ein besonderer Wert zu legen.

Die Wirkung des Ruders beruht auf dem Druck der Wasserfäden auf die gegen die Fahrtrichtung des Schiffes geneigt gestellte Ruderfläche. Ist AB ein Wasserlinienschnitt, BC die Projektion der Ruderfläche, welche um den Winkel CBD zur Seite gedreht ist, so kann man sich den Druck der Wasserfäden normal auf die Ruderfläche in dem Schwerpunkt des Ruders durch die Kraft P vereinigt denken. Ist ferner G der Systemschwerpunkt des Schiffes, so wirkt die Kraft P auf das Ruder, an dem Hebel GN zum Drehen des Schiffes nach der Pfeilrichtung, da man im allgemeinen annehmen kann, daß die Drehung des Schiffes um eine durch den Systemschwerpunkt gehende vertikale Achse erfolgt. Der Winkel, um welchen das Ruder von der Mittellage gedreht wird, schwankt zwischen 35 und 50 Grad. Bei größerem Ruderwinkel wird einerseits der Hebelarm für das Drehmoment kleiner, andererseits wirkt dann das Ruder mehr auf Fahrtverminderung, als auf Drehung.



661. Schwerpunkt des Ruders.

Über die beste Form sowie die Größe der Ruderfläche sind die Ansichten etwas geteilt, sie richten sich in der Hauptsache nach der Schiffsform. Liegt die Ruderfläche ausschließlich hinter der Drehachse, so heißt das Ruder ein gewöhnliches Ruder, liegt ein Teil der Ruderfläche vor der Drehachse, so nennt man das Ruder ein Balanceruder; es bietet den Vorteil, daß die Kraft zum Legen des Ruders geringer ausfällt. Bei den Torpedofahrzeugen hat man meist neben dem Heckruder am Hintersteven ein Bugruder im Gebrauch, welches im Bug eingebaut und so gelagert ist, daß es in den Schiffsrumpf hineingezogen werden kann. Das Bugruder wird mit dem Heckruder zugleich gelegt, doch stellt sich sein Blatt entgegengesetzt dem Heckruder ein. Es begünstigt die Drehung einesteils durch die Fahrthemmung, so daß dieselbe gewissermaßen um das Bugruder als Drehachse erfolgt, anderenteils auch durch das Drehmoment der Bugruderfläche. Die Bewegung des Ruders erfolgt nun entweder mit der Hand durch die Pinne oder das Steuerrad in Verbindung mit Ketten oder Reepleitungen oder bei den größeren Schiffen durch einen Dampfsteuerapparat, da die Kraft zum Legen des Ruders zu groß wird und zuviel Zeit beansprucht.

Schiffswiderstand und Maschinenkraft.

Die seit Einführung des Dampfes sich stetig steigernden Schiffsgeschwindigkeiten, welche bei Fortbewegung der Schiffe durch Segel 13 Seemeilen pro Stunde selten überstiegen, legten den Schiffbauern den Gedanken nahe, den Widerstand eines Schiffes im Wasser näher zu erforschen und diejenige Schiffsform zu ergründen, welche den geringsten Widerstand verursacht. Von den wissenschaftlichen Arbeiten über den Schiffswiderstand waren diejenigen von Scott Russel, Rankine und Froude am bahnbrechendsten. Scott Russel hat zuerst in seiner Wellentheorie die Aufmerksamkeit auf den Wellenwiderstand und seine Beziehungen zur Länge des Vor- und Hinterschiffes aufmerksam gemacht. Rankine behandelte mit Hilfe der Stromlinientheorie vorzugsweise die Oberflächenreibung des Schiffes im Wasser, und Froude vereinigte beide Probleme zu seiner nunmehr allgemein

anerkannten Widerstandstheorie. Er stellte zuerst durch Versuche fest, daß der durch die Fortbewegung des Schiffes im Wasser verursachte Wellenzug mit Bezug auf seine Lage zum Schiff für die Größe des Schiffswiderstandes von der größten Bedeutung ist. Bei Schiffen in hoher Fahrgeschwindigkeit bildet sich nämlich am Bug ein Wellenberg, dessen Lage und Höhe in der Hauptsache von der Form des Vorschiffes abhängig ist. Bei langen scharfen Schiffen ist die Bugwelle wenig auffallend, während sie bei den völligeren Linien der Panzerschiffe unverhältnismäßig anschwillt und den Widerstand erheblich steigert. Ferner stellt sich am Heck meist ein zweiter Wellenberg ein, dessen Mitte je nach der Größe der Schiffslänge und der Geschwindigkeit des Schiffes am Hintersteven entweder vor oder hinter demselben zu liegen kommt. Befindet sich der Wellenberg vor dem Hintersteven, so hilft er gewissermaßen das Schiff nach vorwärts schieben und vermindert so die Widerstandsarbeit. Bildet sich jedoch am Hintersteven ein Wellenthal und tritt der Wellenberg erst hinter dem Schiffe zu Tage, so tritt eine erhebliche Zunahme der Widerstandsarbeit auf. Mit Hilfe von Modellversuchen wies nun Froude nach, daß eine Verlängerung des Schiffes und demnach auch Vergrößerung des Deplacements keine Vermehrung der Widerstandsarbeit nach sich zu ziehen braucht, wenn durch die Verlängerung die Heckwelle mit Bezug auf das Schiff derart verschoben wird, daß am Heck an Stelle eines Wellenthales sich ein Wellenberg einstellt. Ferner stellte Froude eingehende Versuche an zur Ermittelung des Reibungswiderstandes im Wasser mit Körpern von verschieden rauher Oberfläche und fand hierbei, daß der Reibungswiderstand im allgemeinen mit der 1,87ten Potenz der Geschwindigkeit variiert. Hiernach zerlegte demnach Froude den Schiffswiderstand in den Reibungswiderstand, hervorgerufen durch die Reibung der Wasserfäden an der benetzten Oberfläche, in den Wellen bildenden Widerstand, welcher sich durch die Ablenkung der Stromfäden im Vor- und Hinterschiff ergibt und neben der Form der Schiffslinien von dem Verhältnis der Schiffslänge zur Schiffsgeschwindigkeit abhängig ist, sowie in den Wirbel bildenden Widerstand, verursacht durch das Zusammenfließen der Stromfäden am Heck und die Wirkung der Schraube. Der Wellen bildende Widerstand steigt bis zu 28 Prozent des Gesamtwiderstandes, während der Wirbel bildende Widerstand acht bis zehn Prozent des Reibungswiderstandes ausmacht. Das besonders Interessante und Neue bei Froudes Untersuchungen ist nun, daß er nach diesen Vorarbeiten mit Schiffsmodellen kleineren Maßstabes in einem Versuchstank Schleppversuche machte und den Widerstand der Modelle beim Schleppen durch Dynamometer feststellte und alsdann nach Schleppversuchen mit der englischen Korvette „Greyhound" ein Gesetz aufstellte, nach welchem man von dem Widerstand der Schiffsmodelle auf den Widerstand der wirklichen Schiffe von gleicher Form schließen konnte. Durch diese sinnreichen Untersuchungen wurde es nicht nur möglich, für Schiffsentwürfe durch Modellversuche die Maschinenkraft für eine bestimmte Geschwindigkeit mit großer Genauigkeit festzusetzen, ja es zeigte sich sogar, daß die bei den Modellversuchen auftretenden Wellenformen sich später auch bei dem hiernach erbauten Schiff in gleicher Weise einstellten. Man hatte auf diese Weise ein Mittel gefunden, durch Modellversuche diejenige Schiffsform auszuprobieren, welche den geforderten Bedingungen an Geschwindigkeit, Fassungsvermögen und Seefähigkeit am besten entsprach.

Die Ermittelung des Schiffswiderstandes durch Modellversuche ist jedoch wegen des umständlichen und teueren Apparates bisher nur auf vereinzelte Versuchstanks beschränkt geblieben. Im allgemeinen greift man auf die bekannteren Formeln von Froude, Kirk, Middendorf und Riehn oder die englische Admiralitätsformel zurück. Letztere wird in der Hauptsache zum Vergleich ähnlicher Schiffe angewendet, und dieselbe gibt über das Verhältnis von Deplacement, indizierter Pferdestärke der Maschine und Schiffsgeschwindigkeit Aufschluß. Bezeichnet man mit V die Schiffsgeschwindigkeit in Seemeilen pro Stunde, mit D das Deplacement in Tonnen und mit IH die indizierte Maschinenleistung, so ergibt die Formel $C = \frac{V^3 D^{2/3}}{IH}$ einen Koeffizienten C, welcher von 60—350 schwankt und alle Korrekturen umfaßt, welche durch die Verschiedenheit der Schiffsformen, der Maschinentypen sowie der Propeller sich ergeben. Für gleichartige Schiffe mit ähnlichen Maschinen und Propellern gibt er gute Vergleichswerte.

Die Begründung der Formel ergibt sich aus folgenden Betrachtungen. Der Widerstand, welchen die Wasserfäden dem in Fahrt befindlichen Schiff entgegensetzen, wächst im allgemeinen mit dem Quadrat der Schiffsgeschwindigkeit. Nun ist aber die Arbeit, welche die Schiffsmaschine zur Aufrechterhaltung der Geschwindigkeit leisten muß, gleich dem Produkt aus Schiffswiderstand und Schiffsgeschwindigkeit, mithin verhalten sich die Widerstandsarbeiten ein und desselben Schiffes wie die dritten Potenzen seiner Geschwindigkeiten. Die Widerstandsarbeit, ausgedrückt in Meterkilogramm geteilt durch 75, ergibt nun die Anzahl der Pferdestärken. Diese nur für die Überwindung des Wasserwiderstandes erforderliche, von der Schiffsmaschine zu leistende Arbeit nennt man die effektive Pferdestärke. Außer dem Schiffswiderstand muß nun die Schiffsmaschine noch weitere Widerstände, wie Reibung in den Maschinenlagern, Betrieb der zur Maschinenanlage gehörigen Luft-, Zirkulations-, Speise- und Saugpumpen, Widerstände, welche der Propeller, sei es nun Rad, Schraube oder Turbine, mit sich bringt, überwinden. Hierzu kommt ferner noch die Rücklaufsarbeit des Propellers, da derselbe das Wasser mit größerer Geschwindigkeit nach hinten wirft, als das Schiff Fortgang hat, so daß ein Teil dieser Arbeit verloren geht. Alle diese Widerstände, welche für die Fortbewegung des Schiffes nutzlos sind, erreichen meist die Höhe des reinen Schiffswiderstandes, so daß von den von der Maschine zu leistenden indizierten Pferdestärken etwa 45—55 Prozent durch Reibungsarbeit und Nutzeffekt des Propellers verloren gehen.

Obgleich nun dieser Prozentsatz für alle Schiffsmaschinentypen und Propeller nicht gleich ausfällt, am günstigsten wirkt der Schraubenpropeller und unter diesen im besonderen die Zweischraubenmaschine, so kann man doch im allgemeinen die effektive Pferdestärke, innerhalb bestimmter Grenzen der Schiffsgeschwindigkeit, der indizierten Pferdestärke proportional setzen, so daß auch die letztere ebenso wie die Widerstandsarbeit des Schiffes mit der dritten Potenz der Schiffsgeschwindigkeit ab- und zunimmt. Erfordert z. B. ein Dampfer zur Erzielung einer Geschwindigkeit von 12 Seemeilen eine Leistung von 1000 indizierten Pferdestärken, so berechnet sich diejenige für eine Geschwindigkeit von 14 Seemeilen annähernd wie folgt:

$$1000 : x = 12^3 : 14^3$$
$$\text{also } x = 1588.$$

Zur Vermehrung der Geschwindigkeit um zwei Seemeilen muß demnach die Maschinenleistung um mehr als die Hälfte erhöht werden.

Neben der Schiffsgeschwindigkeit hängt nun die Größe der Maschinenkraft auch von der Größe des Deplacements ab, und zwar variiert die Maschinenkraft im allgemeinen mit der dritten Wurzel aus dem Quadrat des Deplacements. Wird z. B. angenommen, daß der Dampfer von 12 Seemeilen Geschwindigkeit und 1000 indizierten Pferdestärken ein Deplacement von 1300 t besitzt, so würde, wenn das Deplacement um das fünffache, also auf 6500 t vergrößert würde, eine Maschinenkraft von 2904 indizierten Pferdestärken genügen, um das Schiff mit 12 Seemeilen zu treiben. Es erhellt hieraus, daß größere Dampfer wirtschaftlicher arbeiten, da sie mit Bezug auf die Menge der zu transportierenden Güter eine geringere Maschinenkraft erfordern. Mit der Größe der Maschinenkraft hängt nun ferner der Kohlenverbrauch zusammen, und derselbe ist proportional der indizierten Pferdestärke zu setzen, er wächst also auch mit der dritten Potenz der Schiffsgeschwindigkeit und der dritten Wurzel aus dem Quadrat des Deplacements für die Zeiteinheit. Für die Zurücklegung einer bestimmten Wegstrecke variiert der Kohlenverbrauch, welcher zum Durchlaufen derselben erforderlich ist, nur mit dem Quadrat der Schiffsgeschwindigkeit, da bei größerer Fahrgeschwindigkeit die Strecke naturgemäß auch in kürzerer Zeit zurückgelegt wird. Wählen wir als Beispiel die Route von Southampton nach New York, also eine Strecke von rund 3000 Seemeilen, so gebraucht z. B. der Schnelldampfer „Lahn“ bei einem Deplacement von 7700 t und einer Geschwindigkeit von 18 Seemeilen pro Stunde täglich an 175 t Kohlen und demnach für die 7tägige Überfahrt 1225 t. Würde man nun für dieses Schiff die Geschwindigkeit auf 21 Seemeilen erhöhen, so würde sich der tägliche Kohlenverbrauch von 175 t auf 278 t steigern, entsprechend 18^3 zu 21^3; da jedoch die Reise sich von 7 Tage auf 6 Tage

verkürzt, so wird der Gesamtkohlenverbrauch pro Reise von 1225 t auf 1668 t anwachsen, also in dem Verhältnis von 18^2 zu 21^2.

Inwieweit jedoch mit dem Wachsen der Geschwindigkeit der Kohlenverbrauch steigen kann, ergibt ein Vergleich der Schiffe „Lahn" und „City of Paris". Während die „Lahn" bei einer Geschwindigkeit von 18 Seemeilen 175 t Kohlen täglich verfeuert, gebraucht die „City of Paris" bei einem Deplacement von 13000 t und einer Geschwindigkeit von 19 Seemeilen, also nur eine Seemeile pro Stunde mehr, bereits 382 t Kohlen pro Tag, d. h. noch einmal so viel wie die „Lahn".

Die Aussichten, die Fahrzeit von Queenstown nach New York auf 5 Tage zu verkürzen und dementsprechend die Geschwindigkeit der Schnelldampfer auf 24 Seemeilen pro Stunde zu steigern, dürfte daher schon mit Bezug auf den kostspieligen und gewaltigen Kohlenverbrauch für eine Reise wenig Aussicht auf Erfolg haben.

Für Kriegsschiffe sind solche hohe Geschwindigkeiten für kleinere Fahrzeuge — Torpedoboote und Torpedobootszerstörer — nicht mehr so vereinzelt, doch kommt es bei diesen Schiffen darauf an, die maximale Geschwindigkeit nur auf kurze Zeit zu erreichen, während bei Dauerfahrten die Geschwindigkeit zur Einschränkung des Kohlenverbrauchs auf 10 bis 12 Seemeilen herabgesetzt wird. Bei den großen Panzerschiffen und Kreuzern, deren maximale Geschwindigkeit 18 bis 20 Seemeilen beträgt, sind daher neuerdings allgemein die Dreischraubenmaschinen eingeführt, damit für die Dauerfahrten von 10 bis 12 Seemeilen zur Ersparung von Kohlen nur die mittlere Maschine allein mit günstigstem Füllungsgrad in Betrieb gehalten werden kann.

Praktischer Schiffbau.

Bis fast zur Mitte des 19. Jahrhunderts galt als Material zum Bau von Schiffen vornehmlich das Holz, da andere Baumaterialien bis zu jener Zeit dem Schiffbauer nicht genügend zur Verfügung standen. Zwar war schon im Jahre 1787 in England das erste eiserne Schiff — ein Kanalfahrzeug — gebaut worden, nachdem die Eisenhüttenindustrie das erste Walzwerk zur Fabrikation von Eisenblechen sowie von eisernen Winkelstangen eröffnet hatte, doch hatte man trotz dieser praktischen Erfolge zu dem Eisen als Schiffbaumaterial zu wenig Vertrauen. Man hegte im besonderen Bedenken gegen die geringe Sicherheit des Schiffes bei Grundberührungen und Verletzungen des Schiffsbodens durch äußere Gewalten und traute sich nicht die Holzwände der Schiffe durch ein Material zu ersetzen, welches, wie das Eisen, im Wasser untersinkt. Später gab die Thatsache, daß die Magnetnadel des Kompasses durch die Eisenmassen des Schiffes abgelenkt wurde, zu weiteren Besorgnissen mit Bezug auf eine sichere Navigierung des Schiffes Veranlassung, und man befürchtete ferner, daß die eisernen Schiffe im Boden in kurzer Zeit einen die Fahrt desselben hindernden Anwuchs erhielten und das Eisen durch Korrosion im Seewasser sehr leiden würde, was bei den mit einer Kupferhaut versehenen Holzschiffen sich nicht gezeigt hatte. Alle diese Bedenken mußten jedoch allmählich einer besseren Erkenntnis weichen, und vorzugsweise nicht die damaligen ersten Schiffbauer, sondern hervorragende Bauingenieure wie Napier, Fairbairn und Brunel neben den Schiffbauern Laird und Scott Russel ergriffen die Initiative zum Bau eiserner Seeschiffe, im besonderen nach Einführung der Dampfschiffahrt. Die Erfolge waren um so durchschlagender, da das Eisen sich bei Grundberührungen und anderen Havarien sich als ein zähes und widerstandsfähiges Material erwiesen hatte, das zwar leicht Einbeulungen, aber seltener Risse und Brüche erhielt. Um die Sicherheit des Schiffes gegen Sinken bei Leckagen und Havarien zu erhöhen, wurden alsbald von dem Liverpooler Schiffbauer John Laird die wasserdichten Schotte und von dem Erbauer des Great Eastern, Brunel, der Doppelboden mit einem weit verzweigten Zellensystem eingeführt. Die Beeinträchtigung der Wirkung der Magnetnadel durch das Eisen im Schiff wurde durch die bahnbrechenden Arbeiten der Engländer Archibald Smith und Kapitän F. J. Evans, welche dazu führten, diesen Einfluß durch Kompensierung der Kompasse möglichst auszugleichen, ohne Bedeutung, und so traten immer mehr die Vorzüge

des Eisens gegenüber dem Holz als Baumaterial für Schiffe in den Vordergrund, im besonderen da man sehr bald zum Bau von Riesenschiffen, als welches der „Great Eastern" noch heutigestags bezeichnet werden muß, überging. Mit Hilfe der großen Widerstandsfähigkeit und Festigkeit des Eisens gegenüber dem Holz und der Möglichkeit, die einzelnen Verbandteile durch eine solide Nietung zu einem festen Schiffsgebäude zu vereinigen, konnte man den Schiffsrumpf derart bauen, daß das Material mit Bezug auf die Festigkeit vollkommener ausgenutzt wurde, als dies bei den hölzernen Schiffen möglich war. Dies brachte dann ferner den großen Vorteil mit sich, daß eiserne Schiffe ein geringeres Eigengewicht des Schiffskörpers erforderten, als hölzerne, obgleich das Verhältnis der Gewichte von Eichenholz zu Eisen (1 zu 9) sich kleiner zeigt als das Verhältnis der Festigkeit der Materialien (1 zu 5). Während man bei hölzernen Schiffen das Eigengewicht derselben auf 50 Prozent des Deplacements rechnen muß, beträgt dasselbe bei eisernen Schiffen im Mittel nur 43 Prozent. Mit Einführung des Siemens-Martin-Stahl für den Schiffbau durch die Franzosen Mitte der 70er Jahre — der Englische Lloyd ließ den weichen

666. Die kurfürstliche Schiffswerft zu Havelberg. Nach einem Kupferstich aus dem 17. Jahrhundert.

Stahl erst 1880 zum Bau der Schiffe zu — konnte man sogar mit dem Eigengewicht des Schiffskörpers auf 38 Prozent des Deplacements heruntergehen. Diese Ersparnisse an Gewicht am Schiffskörper kommen natürlich der Tragfähigkeit des Schiffes zu gute. Wählt man ein Segelschiff von 3000 Tonnen Deplacement als Beispiel, so würde sich die Tragfähigkeit des Schiffes für die einzelnen Baumaterialien wie folgt ergeben.

	Eigengewicht	Tragfähigkeit einschließlich Ausrüstung
Schiffskörper aus Holz	1500 t	1500 t
„ „ Eisen	1290 „	1710 „
„ „ Stahl	1140 „	1860 „

Bei demselben Deplacement, d. h. auch bei gleicher Ausrüstung der Schiffe mit Takelage und Segel und demnach gleicher Besatzungszahl an Mannschaften ist das stählerne Segelschiff imstande, etwa 360 Tonnen Ladung mehr zu tragen, d. h. 24 Prozent mehr als das hölzerne Schiff.

Neben diesem Gewinn an Tragfähigkeit kommt nun noch als weiterer Vorteil hinzu, daß die Bauweise in Eisen geringeren Raum beansprucht wie der Holzbau, so daß für die Stauung der Ladung oder der sonstigen Nutzlast ein größeres inneres Volumen zur Verfügung bleibt. Bei zwei nach demselben Riß erbauten Schiffen von Holz und Eisen verhalten sich diese freien Volumina bei kleineren Schiffen wie 4 zu 5, bei größeren wie

Digitized by Google

5 zu 6. Diese Vorzüge des eisernen oder stählernen Schiffes gegenüber dem Holzschiff: Größere Tragfähigkeit und größerer Stauraum sind für den Rheder in kommerzieller Beziehung von der größten Wichtigkeit; jedoch auch für den Kriegsschiffbau sind sie in Bezug auf die Verwertung der Offensiv- und Defensivmittel von hervorragender Bedeutung.

Wenngleich hiernach der Wert des Holzschiffbaues gegenüber dem zur Zeit allgemein eingeführten Eisen- oder Stahlschiffbau sehr eingebüßt hat, so bildete derselbe jedoch eine notwendige Vorstufe zur Entwickelung des Eisenschiffbaues. Der hölzerne Schiffsrumpf gab im besonderen einen klaren Aufschluß über den Wert und die Zweckmäßigkeit der einzelnen Bauteile, da bei seiner verhältnismäßig geringen Widerstandsfähigkeit die eintretenden Deformationen die schwachen Stellen des Schiffes hervortreten ließen und so einen Schluß auf die Art der Beanspruchung der Verbandteile des Schiffes ermöglichten.

Wir wollen uns daher zunächst eingehender mit dem Holzschiffbau und seinen Einzelheiten beschäftigen und dann, der Entwickelung des Schiffbaues folgend, zum Eisen- und Stahlschiffbau übergehen.

666. Schraubendampfer klar für den seitlichen Stapellauf. Auf der Querhelling.

Holzschiffbau.

Der Bauplatz der Schiffe heißt die Werft. Die Schiffswerften liegen naturgemäß an schiffbaren Flußläufen oder an Meeresbuchten, in welche das fertige Schiff geleitet wird. Sie umfassen in der Hauptsache ein oder mehrere Hellinge, auf welchen das Schiffsgebäude zusammengebaut wird. Die Helling besitzt ein Fundament aus Pfahlrosten oder Betonklötzen und ist nach der Wasserkante zu derart geneigt, daß der fertige Schiffskörper später durch sein eigenes Gewicht auf entsprechenden Gleitbahnen ins Wasser gleiten kann. Je nachdem das Schiff winkelrecht bezw. geneigt, oder parallel zur Wasserkante auf Stapel gesetzt wird, spricht man von einer Längs- oder einer Querhelling. Letztere finden in der Hauptsache bei schmalen Flußläufen oder auch beim Bau von sehr flach gehenden, langen Schiffen Anwendung. Die Neigung der Längshelling schwankt je nach der Größe des Schiffes von $^1/_{12}$ bis $^1/_{24}$, die der Querhelling von $^1/_5$ bis $^1/_8$. Bei dem Bau von hölzernen Schiffen war die Helling meist überdacht, um die Bauteile vor den Einflüssen der Witterung zu schützen. Jetzt haben dieselben weniger Wert.

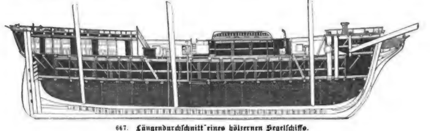
Das Schiffsgebäude wird nun nicht direkt auf der Helling erbaut, sondern der Kiel wird auf einer Reihe hölzerner Stapel, den sogenannten Stapelklötzen, gelagert, damit man unter dem Boden des Schiffes später arbeiten kann. Man sagt daher auch, das

Digitized by Google

Schiff steht auf Stapel, und spricht von einem Stapellauf, wenn dasselbe nach Fertigstellung des Rumpfes zu Wasser gelassen wird.

Der Schiffsrumpf ist ein Bauwerk, welches einesteils durch die Festigkeit seiner Verbandteile im stande sein muß, die mannigfachen Belastungen durch die Maschinenanlage, die Ladung, die Geschütze, Panzerung und dergleichen im schwimmenden Zustande und vor allem auf hoher See sicher zu tragen, anderenteils nach außen gegen den Wasserdruck derart abgeschlossen sein muß, daß es vollkommen dicht ist und bleibt zum Schutze der Ladung und zur Aufrechterhaltung seiner Schwimmfähigkeit. Es vereinigen sich daher am Schiffskörper Verbandteile, welche in der Hauptsache auf Festigkeit beansprucht werden, mit solchen, welche einen wasserdichten Abschluß herstellen. Die ersteren kann man wieder in Bauteile gliedern, welche den Längsverband, und in solche, welche den Querverband aufnehmen.

Zu den wichtigsten Längsverbänden des Schiffes gehört der **Kiel**, gewissermaßen das Rückgrat des Schiffsrumpfes. Derselbe wird aus eichenen, seltener aus rotbuchenen Langhölzern gefertigt und erhält rechteckigen Querschnitt. Die Verbindung der einzelnen Kielstücke miteinander erfolgt durch Laschen mit Cylinderzapfen oder Dübel, durch welche Laschbolzen geschlagen werden. Zur Aufnahme und wasserdichten Befestigung der dem Kiel benachbarten Außenhautplanken erhält derselbe eine Rinne von dreieckigem Querschnitt, die sogenannte Sponung. Unterhalb des Kiels wird meist der Loskiel angespiekert, welcher keinen Verbandteil bildet, sondern nur den Zweck verfolgt, bei Grundberührungen den Hauptkiel zu schützen.



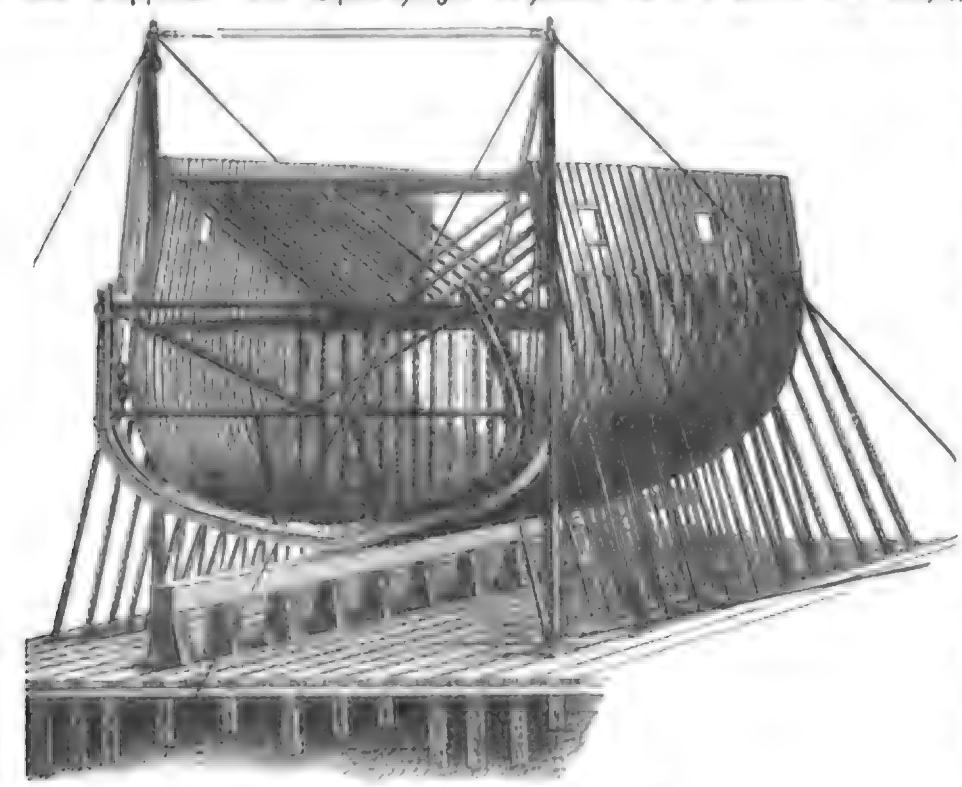
667. Längendurchschnitt eines hölzernen Segelschiffs.

Der Kiel geht vorn in den Vorsteven, hinten in den Achtersteven über. Beide Verbandteile dienen in ähnlicher Weise wie der Kiel zur Aufnahme und wasserdichten Beplankung der beiden Schiffsseiten, und zu diesem Zweck wird die Sponung auf die Seitenflächen der Steven fortgeführt. Der Vorsteven, welcher meist eine gekrümmte, ausfallende Form erhält, wird aus einer größeren Zahl von eichenen Bauhölzern, dem Vorlauf, dem Vorstevenholz, dem Binnenvorsteven, dem Stevenknie, den Tothölzern oder der Aufklotzung, dem Gallionsschegg und den Gallionshölzern zusammengebaut und durch Laschen mit Cylinderzapfen und Klinkbolzen verbunden.

Der Hintersteven, welcher bei Segelschiffen und Raddampfern wegen der Befestigung des Ruders zugleich auch Rudersteven ist, setzt sich in gerader Linie mittels Zapfen auf dem Kiel auf und steht entweder lotrecht oder ist nach hinten geneigt. Der eichene Hintersteven wird in der Regel durch den Binnensteven verstärkt, welcher gleichfalls auf dem Kiel verzapft ist und mit demselben durch das Stevenknie bezw. eine Anzahl Tothölzer verbunden wird. Bei Schraubenschiffen tritt noch ein besonderer Rudersteven hinzu, welcher unten auf dem Kiel oder einem metallenen Stevenschuh aufsteht und oben so weit in den Schiffsrumpf hineinragt, daß er mit den Decksbalken verbolzt werden kann. Der Hintersteven nebst Binnensteven erhält zur Durchführung der Schraubenwelle nebst Stevenrohr eine Anschwellung und wird derselbe daher meist querschiffs aus zwei Stücken zusammengebaut. Das Wellenrohr wird innenbords außerdem in einem Langholz, dem Wellenklotz, gelagert, welches der Höhe nach aus zwei Teilen besteht.

Digitized by Google

Während des Herrichtens des Kiels und der Stevenhölzer wird meist mit dem Aussuchen und Ausarbeiten der **Spanthölzer** begonnen. Die **Spanten** bilden gewissermaßen die Rippen des Schiffsrumpfes, welche dem Kiel oder Rückgrat angefügt werden. In Verbindung mit den Decksbalken bilden sie den Hauptquerverband des Schiffes. Sie haben je nach der Schiffsform eine stark gekrümmte Form und können infolgedessen nur selten aus einem Stück Krummholz gefertigt werden. In der Regel werden sie aus zwei Lagen von Hölzern zusammengebaut, deren Stöße entsprechend gegeneinander verschießen und welche entweder dicht an dicht liegen oder nach oben einen wachsenden Zwischenraum, entsprechend der Verjüngung der Hölzer erhalten und durch entsprechende Füllstücke miteinander verbolzt werden. Der unterste, auf dem Kiel ruhende Teil der Spanthölzer heißt die Bodenwrange oder auch das Bauch- oder Flurstück; es wechseln meist halbe und ganze Bodenwrangen ab. Es folgen dann die Sitzer, die Kimmstücke und die Auflanger, von denen es bei größeren Schiffen zwei bis drei gibt, und endlich das Topstück. Die Spanthölzer erhalten in der Mitte des Schiffes einen rechteckigen Querschnitt, nach vorn und nach hinten wird derselbe entsprechend der Schärfe der Wasserlinien rhombisch, und zwar sind zwei Seiten normal zur Längsschiffsebene gerichtet, die beiden anderen Seiten verlaufen parallel der entsprechenden Wasserlinie. Diese Verschiebung der rechteckigen in die rhombische Form nennt man Schmiege. Dieselbe ist also mittschiffs gleich Null und nimmt nach vorn und hinten stetig zu, auch ändert sie sich im Verlauf der Spantkurve etwas. Die Ausarbeitung eines Spantholzes erfolgt daher nach der Spantkurve und den einzelnen Schmiegen mittels Schablonen oder Mallen nach dem Riß auf dem Schnürboden. Die vordersten und hintersten Spanten, deren Schmiege sehr bedeutend sein müßte, werden meist entsprechend der Schmiege im Vorschiff nach vorn, im Hinterschiff nach hinten gekantet, so daß die beiden Spanthälften nicht mehr in einer Ebene liegen, sondern mit der Längsschiffsebene einen Winkel bilden. Die Spanten heißen dann Kantspanten. Die halben Bodenwrangen derselben stoßen am Totholz ab, und ganze Bodenwrangen kommen nicht mehr zur Anwendung. Im oberen Teil erhalten die Kantspanten im Bug und Heck meist fächerartig angesetzte Abzweigungen, da sonst der Zwischenraum zwischen den einzelnen Spanthölzern zu groß werden würde. Die vordersten Kantspanten, welche am Vorsteven anliegen und meist die Öffnung für das Bugspriet umgrenzen, heißen Ohrhölzer, diejenigen, welche die Öffnungen für die Ankerklüsen abschließen, Klüshölzer. Im Heck liegen am Hinter- bezw. Rudersteven die Heckstützen oder Gillingshölzer an und umschließen die Öffnung für den Ruderkoker, das Hennegatt. Die Bauweise der übrigen Kantspanten richtet sich nach der Heckform. Runde Hecks werden ähnlich dem Vorschiff gebaut. Flache Hecks erhalten unterhalb der Gillingsstützen einen horizontal liegenden, meist etwas gekrümmten, starken Heckbalken, welcher mit dem


668. Aufrichten der Spanten.

Hintersteven verbolzt ist. Das Kantspant, welches über die Enden des Heckbalkens reicht, heißt Randsomholz. Der zwischen diesem und dem Hintersteven frei bleibende Raum wird entweder in vertikaler Richtung durch Kantspanten, oder in horizontaler Richtung durch die sogenannten Worpen- oder Spiegelwrangen ausgefüllt. Zwischen den Randsomhölzern werden auf dem Heckbalken die Heckstützen oder Spiegelhölzer verzapft, die mit den sie überkleidenden und an den Auflanger des Randsomholzes abschließenden Planken das Heck oder den Spiegel bilden. Stehen die hinteren Kantspanten so, daß die Planken in kreisförmiger oder elliptischer Kurve von der einen Schiffsseite nach der anderen überlaufen, so nennt man das Heck ein Rundgatt.

Das Zusammenlegen und Verbolzen der einzelnen Spanthölzer zu einem Spant geschieht auf einer nahe dem Kiel errichteten Plattform, der sogenannten Zulage. Ist das Spant fertig, so nagelt man in der Mitte und am oberen Ende starke Querbalken, auf denen die senkrechte Mittellinie genau bezeichnet wird, über dasselbe, transportiert es mit größter Vorsicht an die Stelle des Kiels, auf der es stehen soll, und richtet es mittels Richtbäumen und Flaschenzug auf. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß das Spant nicht lotrecht, sondern entsprechend dem Fall der Helling nach hinten zu geneigt aufgestellt werden muß, falls die Spanten normal zum Kiel stehen sollen. Bei steuerlastigen Schiffen stehen sie vielfach auch normal zur Konstruktionswasserlinie.

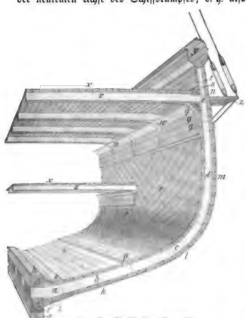
Die Spanten werden nicht dicht an dicht gesetzt, sondern bleiben meist um ihre halbe Breite, d. h. 12—22 cm voneinander entfernt. Dieser Zwischenraum wird das Fach genannt. Bei den hölzernen Kriegsschiffen pflegt man das Fach vom Kiel bis zur Kimm mit Füllhölzern dicht zu setzen und die Fugen zu kalfatern. Das Spantsystem wird auf diese Weise im Boden gegen Verschieben gesichert und der Kiel gegen durchsacken verstärkt. Auch bietet diese Anordnung den großen Vorteil, daß, wenn bei Grundberührungen die Bodenplanken beschädigt bezw. weggerissen sind, das Schiff auf den Füllhölzern dicht fährt.

Ehe alle Spanten gerichtet und auf dem Kiel verbolzt sind, werden in den sich jetzt schon deutlich kennzeichnenden Schiffsraum starke Langhölzer eingebracht und auf den Bodenwrangen oberhalb des Kiels gelagert. Diese Hölzer werden als Kielschwein oder Kolschwein bezeichnet und dienen zur Verstärkung des Kiels als Hauptlängsverbandstück. Das Kielschwein wird mit den Bodenwrangen und dem Kiel durch Haken bezw. Klinkbolzen verbunden und ist in ähnlicher Weise wie der Kiel aus einzelnen Hölzern zusammengebaut. Das Kielschwein läuft vorn und hinten auf das Totholz bezw. die Stevenkniee auf, bei Schraubenschiffen endet es am Stopfbüchsenklotz. Bei größeren Schiffen genügt bisweilen ein Kielschwein nicht, man wendet dann außerdem Seitenkielschweine an, welche bei Dampfschiffen zugleich als Kessel- bezw. Maschinenfundament verwertet werden.

Ist der Kiel gestreckt, sind sämtliche Spanten sowie die Steven gerichtet, und ist das Kielschwein befestigt, so sagt man, das Schiff steht in Spanten. Zur Verstärkung dieses Schiffsgerippes werden an der Außenfläche der Spanten im Boden, in der Kimm und an den Topstücken starke Latten, die sogenannten Senten, fest genagelt und dieselben durch Stützen gegen den Hellingboden verstrebt.

Man beginnt nun mit dem S c h l i c h t e n der Hölzer, um innen die Wegerungsplanken, außen die Außenhautplanken befestigen zu können und so gewissermaßen dem Spantengerippe die schützende und abschließende Haut anzufügen. Man beginnt in der Regel mit den B a l k w e g e r n d e r Z w i s c h e n d e c k s b a l k e n, um möglichst frühzeitig eine Lage Querbalken einbauen zu können und so dem Spantgerippe eine solide Versteifung querschiffs zu geben, so daß die Spanten möglichst in ihrer nach den Mallen des Schnürbodenrisses festgelegten Lage erhalten bleiben. Das Einbauen der Balkenweger bietet im besonderen im Vor- und Achterschiff insofern einige Schwierigkeiten, als die Hölzer eine stärkere Krümmung — Bucht — erhalten müssen, entsprechend der Kurve der Wasserlinien bezw. Senten. Zu diesem Zweck werden die Hölzer vor dem Anbringen einem Dampfbade in dem sogenannten Steamkasten mehrere Stunden lang ausgesetzt, damit sie geschmeidig werden, und dann sofort in das Schiffsgeripve hineingebracht und mittels Daumkräfte und Taljen gegen die Spanten von innen gepreßt bezw. angeholt. Hierfür ist naturgemäß eine solide Abstützung der Spanten gegen die Helling erforderlich. Nach dem Erkalten werden dann

die gesteamten Hölzer wieder losgenommen und entsprechend nachgearbeitet oder mit den Spanthölzern provisorisch befestigt. Sind die Zwischendecks-Balkweger angebracht und die Zwischendecksbalken eingebaut, so besitzt das Schiffsgerippe genügend Steifigkeit, um von außen die gesteamten Außenhautplanken um die Spanthölzer biegen und an denselben sofort befestigen zu können. Bei größeren Holzschiffen werden vor dem Anbringen der Außenhautplanken eiserne Diagonalschienen, welche sich mittschiffs kreuzen und im Vor- und Hinterschiff etwa im Winkel von 45 Grad nach unten verlaufen, auf den Spanthölzern eingelassen und mit denselben verbolzt. Sie haben den Zweck, die in der Nähe der neutralen Achse des Schiffsrumpfes, d. h. also in der Nähe des Zwischendecks am größten auftretenden Schubspannungen aufzunehmen und auf die darunter und darüber liegenden Plankengänge zu übertragen. Ohne derartige Diagonalbänder müßte die Übertragung der Schubspannung von einem Plankengang zu dem benachbarten, außer der durch die spätere Kalfaterung mittels Werg verursachten Reibung der Plankennähte gegeneinander, durch die Bolzen erfolgen, mit welchen die Außenhaut und die Wegerungsplanken an den Spanthölzern befestigt werden. Da die Anzahl der zu schlagenden Bolzen jedoch beschränkt ist, so genügen dieselben bei größeren Schiffen nicht, um die Schubspannungen aufzunehmen; auch werden die Hölzer durch den Druck des härteren Bolzenmaterials zusammengepreßt und die Bolzen auf diese Weise bei dem Hin- und Herwraken des Schiffes in See leicht lose. An Stelle der eisernen Diagonalschienen werden auch wohl die Wegerungsplanken in der Nähe der neutralen Achse nicht horizontal, sondern etwa um 45 Grad geneigt zum Kiel und zwar abwechselnd nach vorn oder hinten abfallend angeordnet und auf diese Weise zu Zug- und Druckorganen ausgebildet. Diese sogenannte Diagonalwegerung wird in Gruppen von 5 bis 7 Planken ausgeführt, welche oben in den Balkwegern, unten in den Kimmwegern bezw. dem Wassergang des Zwischendecks treppenförmig eingelassen werden, so daß sie sich nicht verschieben können. Eine Befestigung derselben mittels Bolzen ist nur so weit erforderlich, daß sie beim Arbeiten des Schiffes nicht lose werden (Fig. 669).



669. Querschnitt einer Korvette.

a Halbe Bodenwrange. b Bodenwrange. c Kimmstück. d Auflanger. e Topstück. f Kiel. g Loskiel. h Kielschwein. i Kielplanken. k Bodenplanken. l Kimmplanken. m Bergholzplanken. n Schergang. o Kielweger. p Stoßweger. q Balkenweger. r Diagonalwegerung. s Wassergang. t Setzweger. u Zwischendecksbalken. v Oberdecksbalken. w Balkenknie. x Deckplanken. y Finknetzkasten. z Rüst.

Das Anbringen der Außenhautplanken und der Wegerung erfolgt meist zugleich an drei Stellen des halben Spantumfangs, am Kiel mit dem Kielgang, an der Kimm mit dem Kimmgang und in Höhe des Zwischendecks mit den Bergholzplanken. Die Außenhautplanken werden aus eichenen Stämmen geschnitten und erhalten rechteckigen Querschnitt, nur die Kielgänge werden entsprechend der Form der Kielsponung fünfseitig bearbeitet. Die Stärke der Planken ist je nach der Lage am Spant verschieden. Am stärksten wählt man die Kielplanken zur Seite des Kiels und die in der Nähe der neutralen Achse des Schiffsrumpfes liegenden Bergholzplanken. Man erzielt für letztere

Digitized by Google

Plankengänge auf diese Weise eine tiefere Dichtungsnaht und vergrößert dementsprechend die Reibungsfläche in den Plankennähten zur Übertragung der Schubspannung. Auch bieten die starken Berghölzer eine größere Sicherheit bei lokalen Beanspruchungen von außen durch Eisschollen, Wrackstücke und dergl. Ferner werden die Schergangsplanken, welche die Außenhaut am Oberdeck abschließen, stärker gewählt, um den dort auftretenden Zugspannungen zu begegnen; dieselben müssen daher auch vollkommen astfrei sein.

Die Zahl der Plankengänge richtet sich nach dem Umfang des Hauptspantes und der Plankenbreite, welche 360 mm selten überschreitet. Da die Spantumfänge nach den Schiffsenden kleiner werden, so läßt man nicht alle Plankengänge bis zu den Steven durchlaufen, da sie sonst zu schmal ausfallen würden. Einzelne Gänge hören daher vorher auf, sie heißen verlorene Gänge, und die beiden benachbarten Gänge werden entsprechend verbreitert. Besondere Sorgfalt ist auf ein gutes Verschießen der Stöße zu legen, und dieselben sind stets auf einem Spant anzuordnen, damit die Plankenenden solide befestigt werden können; die Plankennähte öffnen sich durch die meist konvexe Spantkurve nach außen, so daß das Einbringen der Dichtung bequem erfolgen kann. Enge Nähte müssen mit Hilfe des Klameieisens, eines stählernen Keils mit Stiel, aufgetrieben werden. Die Dichtung oder Kalfaterung der Nähte zum wasserdichten Abschluß der Außenhaut erfolgt durch Werg und Pech. Das Werg wird aus geteertem Tauwerk durch Aufdrehen der einzelnen Garnfäden gepflückt und vom Kalfaterer in einen „Draht“ gedreht. Je nach der Dicke der Außenhautplanken werden zwei bis vier Drähte in die Nähte mittels des Dichteisens mit dem Kalfat- oder Dichthammer nacheinander eingetrieben, und hierbei ist darauf zu achten, daß alle Planken gleichmäßige Pressungen erhalten. Der letzte eingeschlagene Draht wird mittels eines Teerquastes mit heißem Teerpech bestrichen, so daß er die Rille der Naht ausfüllt. Die Dauer einer guten Kalfaterung beträgt höchstens fünf Jahre, in der Regel kalfatert man das Schiff aller drei bis vier Jahre, wobei das verfaulte Werg aus den Nähten zunächst entfernt werden muß.

Die Wegerungsplanken werden nicht durch Werg und Pech abgedichtet; sie schließen den Schiffsraum zur Aufnahme der Ladung u. s. w. gegen die Spanthölzer ab und dienen zugleich als Längsverband. Im Raum tragen sie ferner zur Verstärkung der Stöße zwischen den Bodenwrangen und Auflitzern — Stoßweger — sowie zur Versteifung der Kimm — Kimmweger — bei. In Höhe der Decks werden sie besonders stark gehalten zur Auflagerung der Balken und Verbindung derselben mit den Spanthölzern — Balkweger. — Die Befestigung der Wegerungsplanken erfolgt teilweise auf den Spanten allein mittels Stumpfbolzen, teilweise mit den Spanten und den Außenhautplanken zusammen durch Durchbolzen, welche von außen geschlagen und innen verklinkt werden.

Der Querverband des Schiffes wird durch die **Decksbalken** hergestellt, welche zugleich den Zweck haben, die einzelnen Decks mit Hilfe der Decksplanken zu bilden zur Lagerung von Gütern, Geschützen u. s. w. und zur Aufnahme der Wohnräume für Passagiere und Mannschaften. Die Stärke und die Zahl der Decksbalken hängt daher ab von der voraussichtlichen Belastung des Decks und der Breite des Schiffes. Die oberen Decks erhalten zum besseren Wasserabfluß querschiffs nach oben eine leichte Krümmung — Decks- oder Balkenbucht — die Raumbalken sind meist gerade; längsschiffs sind die Balken auf den Balkwegern nach dem Decksprung gelagert. Die Balken haben rechteckigen Querschnitt und ruhen an den Enden auf den Balkwegern auf, mit denen sie durch Cylinderzapfen und Bolzen verbunden werden. Mit der Wegerung und den Spanten werden sie mit Hilfe hölzerner oder eiserner Kniee derart verbolzt, daß ein Verziehen des Spantes querschiffs durch den Zug der Wanten des Mastes oder das Arbeiten des Schiffes in See möglichst verhindert wird. Bisweilen führt man die hängenden Arme der eisernen Kniee im Winkel von 45° geneigt auf die Kimmwegerung herunter und bildet sie auf diese Weise als Diagonalbänder aus. Auf den Enden der Decksbalken werden zur Verstrebung derselben untereinander, sowie zum Abschluß gegen die Spanthölzer die Leibhölzer und die Wassergangsplanken aufgelegt und mit denselben verbolzt. Auf dem Leibholz setzt sich dann der Setzweger auf und bildet den Übergang zur Seitenwegerung. Wo Öffnungen (Luken) im Deck angeordnet werden, werden längsschiffs laufende Balkenschlingen ein-

gebaut, gegen welche alsdann die gekürzten, sogenannten halben Balken abstoßen. Dieselben ruhen auf den Schlingen in einer Lippe und werden mit denselben durch flache T förmige Schienen verbunden. Besondere Sorgfalt erfordert der Einbau der Mastbalken und Mastschlingen, zwischen welchen die Masten in den Hauptdecks festgekeilt werden. Der Raum zwischen Balken und Schlingen wird zu diesem Zweck durch Füllhölzer — Mastfisch — ausgefüllt, und für den Durchgang des Mastes wird ein elliptisches Loch gelassen. Zwischen Mast und diesen Füllstücken werden dann kieferne Mastkeile eingetrieben. Die Mastbalken sind mit den Spanten durch eiserne Klammern sowie mit diesen und mit dem Balkenweger durch horizontale Kniee, welche von Balken zu Balken reichen, verbunden. Im Bug und Heck werden die Decksbalken durch entsprechende Kniehölzer — Bug und Heckbänder — ersetzt, und zwischen den Decks werden meist noch eiserne Bänder zur Verbindung der beiden Schiffsseiten eingefügt. Sind die Decksbalken mit dem Setzbord und den Wassergängen eingebaut, so beginnt man mit dem Legen der Decksplanken. Sie haben in der Hauptsache den Zweck, den Schiffsraum nach oben gegen Feuchtigkeit wasserdicht abzuschließen. Man verwendet als Decksplanken vorzugsweise Hölzer mit großem Harzgehalt, welche verhältnismäßig wenig Wasser aufnehmen und daher der Fäulnis lange widerstehen. Kiefern, Fichten, sowie die amerikanischen Abarten, Pitch pine, Yellow pine, White pine werden als Decksplankenmaterial fast ausschließlich verwendet. Die Planken müssen möglichst splint- und astfrei sein; sie erhalten rechteckigen Querschnitt mit geringer Abfasung der Seiten nach oben zur besseren Aufnahme des Dichtungsmaterials — Werg und Teerpech. An den Stellen des Decks, welche starker Abnutzung ausgesetzt sind, wie z. B. unter dem Ankerspill und den Ankerketten verwendet man härtere Hölzer aus Teakholz — Fischungsplanken. Da die Decksplanken nicht geeignet sind, größere Zugspannungen zu übertragen, wendet man bei größeren Segelschiffen eiserne Längs- und Diagonalbänder an, welche auf den Balken eingelassen werden und den Druck und Zug der Masten auf alle Balken und die Spanten gleichmäßig übertragen.

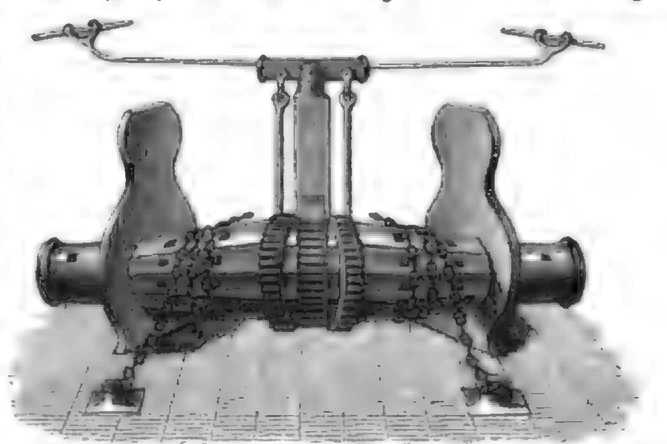
Der Abschluß des Raumes zwischen Außenhautbeplankung und Wegerung erfolgt oberhalb des Oberdecks durch den Schandeckel; er bedeckt zugleich die Hirnenden der Spantauflanger und schützt sie gegen Feuchtigkeit und Fäulnis. Die Befestigung des Schandeckels erfolgt einerseits auf dem Wassergang des Oberdecks, anderseits auf dem Farbegang der Außenhaut. Bei größeren Schiffen besteht er aus zwei Breiten. Er wird in der Regel durch die Relingstützen, Verlängerungen der Auflanger, durchbrochen und an diesen Stellen abgedichtet. Erhält das Schiff Back und Kampagne, so liegt der Schandeckel in diesen Decks. Bei Kriegsschiffen — Linienschiffen — bildet der Schandeckel zugleich den unteren Drempel der Geschützpforten. Die Relingstützen erhalten außen eine Bekleidung von dünnen kiefernen Planken — Schanzkleid genannt. Zum Abfließen von überkommenden Seen erhält das Schanzkleid eine größere Zahl von Sturzpforten. Den Abschluß des Schanzkleids nach oben bildet die Relingleiste, eine nach beiden Seiten abgerundete Planke, welche auf den Relingstützen verzapft ist. Bei größeren Schiffen erhält die Relingleiste noch einen Aufsatz durch die Oberreling, welche im Bereich der Ladeluken, der Fallreeps u. s. w. zum Losnehmen eingerichtet ist. Bei Kriegsschiffen bildet der Finknetzkasten, ein rinnenförmiger Raum zum Stauen der Hängematten, den oberen Teil des Schanzkleids, und alsdann reichen fast alle Spanten bis zum Boden des Finknetzkastens.

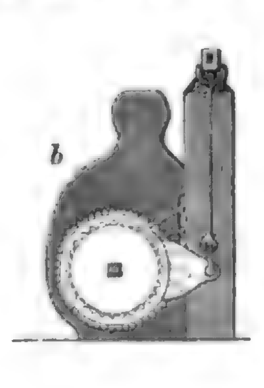
Die Verbindung der einzelnen Bauhölzer — Spanten, Außenhaut, Wegerung — geschieht zunächst mit einigen Stumpfbolzen. Erst beim Anbringen der Außenhaut und der Wegerung erfolgt die endgültige Befestigung mit Durchbolzen und Holznägeln. Für leichtere Bauteile verwendet man auch Spieker und Nägel. Die Zahl der Durchbolzen der Außenhautplanken hängt von der Breite der Planken ab, und man unterscheidet einfache, doppelte und gemischte Befestigung, je nachdem auf jedem zweiten Spantholz bezw. auf jedem Spant ein oder zwei Bolzen geschlagen werden. Die Durchbolzen werden stets an dem Fußende über einem Klinkring verklinkt. Das Material der Bolzen ist Eisen oder Kupfer, und zwar sind letztere im Bereich des metallenen Bodenbeschlags notwendig, da sonst durch die galvanische Wirkung im Seewasser das Eisen

leicht zerfressen wird. Man sagt dann, das Schiff ist kupferfest. Die über Wasser liegenden Bauteile können ohne Gefahr durch eiserne Bolzen verbunden werden. Die Befestigung der Decksplanken auf den hölzernen Balken erfolgt durch eiserne, verzinkte Spieker oder Stumpfbolzen, und werden dieselben so tief versenkt geschlagen, daß sie durch einen hölzernen Deckspfropfen bedeckt werden können.

Ist die Außenhautbeplankung geschlichtet und gedichtet, so wird in der Regel zum Schutz des Unterwasserteils derselben ein Kupfer- oder Muntzmetallbeschlag angebracht. Derselbe soll das Unterwasserschiff nicht allein gegen die Angriffe der Bohrwürmer schützen, sondern zugleich einen Anwuchs von Muscheln, Algen u. s. w. verhindern. Vor dem Anbringen der Metallhaut wird die Außenhautbeplankung mit Teer bezw. Marineleim gestrichen und dann mit einer Lage geteerten Filzes oder groben Papiers bedeckt, auf welche alsdann streifenweise die Metallplatten von 1 bis 1,5 mm Dicke und Abmessungen von 1,2 m × 0,35 bis 0,5 m mittels kupferner Nägel befestigt werden. Die Platten überdecken sich derart an den Rändern, daß die oberen Kanten von dem nächsten Plattengang überdeckt werden. Die Dauer einer Kupferhaut beträgt etwa 5 Jahre, und nach diesem Zeitraum muß dieselbe zum großen Teil erneuert werden.

Neben den Arbeiten am eigentlichen Schiffsrumpf wird nach dem Legen der Decks und der Abdichtung der Außenhaut mit den einzelnen Arbeiten begonnen, welche für den Ausbau und die Ausstattung des Schiffes erforderlich sind. Es gehören hierher die Vorkehrungen für die Bemastung und Takelage, wie Mastspuren, Bugsprietstuhl, Rüsten mit Püttingsschienen, diejenigen für die Ankereinrichtung, wie Ankerspille, Ankerkran oder Kranbalken und Ankerklüsen, das Steuerruder nebst Pinne und Steuereinrichtung, die Pumpen, die Einrichtungen zum Übernehmen der Ladung, wie Ladeluken, Lade- und Ballastpforten, Ladewinden, sowie zur Unterbringung der Mannschaften, wie Niedergangsluken, Fallreepstreppen, Kajüten und Mannschaftslogis, Wassertanks und dergl.



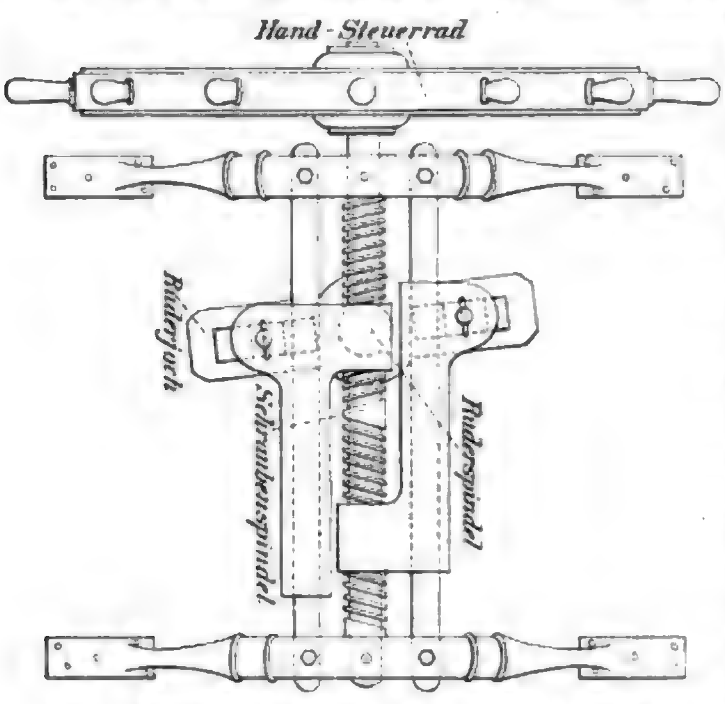


670. Ankerwinde (Pumpspill). a Hauptansicht. b Seitenansicht.

Die Mastspur ist eine Plattform von starken Balken, welche mit dem Kielschwein verbolzt ist, sie erhält eine Auskerbung, in welche der Mastfuß mittels vierkantigen Zapfens eingesetzt wird. Der Bugsprietstuhl bildet in ähnlicher Weise die Stütze für den Fuß des Bugspriets. Die Rüsten, eine aus Planken zusammengefügte Plattform in Höhe der Oberdecksbalken, welche mittels Durchbolzen mit dem Schergang und den Spanthölzern verbunden und durch eiserne Kniee an der Außenhaut gestützt werden, dienen den oberen Enden der Püttingsschienen als Auflage. An diesen Schienen werden am oberen Ende mittels Auge die Jungfernblöcke der Wanten befestigt, während der untere Teil derselben derartig an die Außenhaut gebogen ist, daß die Resultante aus den Spannungen im Want und im Püttingeisen in der Mittellinie der Rüst liegt. Das untere Ende der Püttingsschienen wird durch die Püttingsbolzen gehalten.

Die Schiffswinden zum Lichten (Heben) der Anker werden auf dem Oberdeck im Bug aufgestellt. Die Winden oder Spille mit liegender Welle und mit Handantrieb mittels Spaken heißen Bratspille, diejenigen mit vertikaler Welle Gangspille. Auf Handelsschiffen findet allgemein, um an Bedienungsmannschaft zu sparen, das Pumpenspill Verwendung, ein Spill mit liegender Welle und Antrieb mittels Pallen durch Bewegung eines Pumpenhebels. Der Kranbalken dient zum Andeckholen des vorgehievten Ankers. Die

Klüsen sind gußeiserne Rohre, welche in den Klüshölzern gelagert sind und durch welche die Ankerkette innenbords geholt wird. Das **Steuerruder** wird aus einem starken Balken, dem Ruderstamm, auch Ruderherz oder Ruderpfosten, gebaut, an dessen hinterer Fläche Planken nach der Form der Ruderfläche angebolzt werden. Das Ganze wird ferner durch mehrere Ruderscheren zusammengehalten, welche an ihrem vorderen Ende die Fingerlinge tragen, mit welchen das Ruder in die am Rudersteven befestigten Ruderösen eingehängt wird. Die Ruderfingerlinge nebst Scheren, sowie die am Rudersteven befestigten Ruderösen werden aus Eisen oder Bronze gefertigt, je nachdem das Schiff eisen- oder kupferfest ist. Die hölzernen Ruder erhalten am oberen Ruderblatt ein Auge zur Befestigung der Sorgleine, damit das Ruder beim Brechen des Schloßholzes nicht verloren geht. Das Ruderherz ragt durch das Hennegatt in den Schiffsrumpf hinein, und das obere Ende desselben, der Ruderkopf, erhält ein Loch zum Einsetzen der Ruderpinne. Die Bewegung des Ruders erfolgt bei den Segelschiffen durch die Pinne mittels Rudertaljen. Das Reep derselben besteht aus Hanf oder Stahldraht und läuft über Führungsrollen zu einer Trommel, auf welche es durch Handräder, Steuerräder auf- und abgewickelt wird. Dabei muß das Reep so geschoren werden, daß beim Ruderlegen das Schiff nach derjenigen Seite dreht, nach welcher das Rad bewegt wird. An Stelle der Taljen verwendet man neuerdings eine eiserne Schraubenspindel, welche im vorderen Teil mit Rechtsgewinde, im hinteren Teil mit Linksgewinde versehen ist und durch das Steuerrad gedreht wird. Durch Drehung der Schraubenspindel werden auf derselben zwei Muttern hin und her bewegt, welche durch Stangen geführt werden, da die Muttern mittels Backen in zwei Schlitze des Ruderjoches, welches auf dem Ruderkopf befestigt ist, eingreifen, wird das Joch mitgenommen und so mit dem Ruder gedreht. Das Einsetzen des Ruders erfolgt meist nach dem Stapellauf des Schiffes.



671. Handsteuereinrichtung mittels Schraubenspindel.

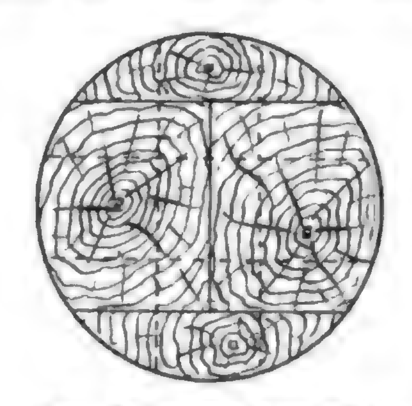
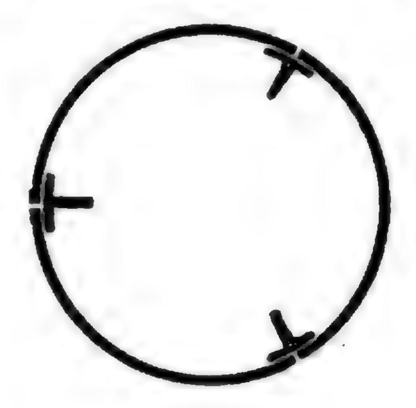
Die Arbeiten an dem Schiffsrumpf sind nunmehr so weit gediehen, daß man mit den Vorbereitungen zum **Stapellauf** beginnen kann. Dieses interessante Schauspiel, bei welchem das Schiff seinem Element und späteren Lebenszweck übergeben wird, bildet in der Bauperiode des Schiffes einen wichtigen Abschnitt, und mit demselben ist meist die Namengebung d. h. Schiffstaufe verbunden. Wenngleich der Stapellauf ein nach den Gesetzen der Mechanik sich klar ergebender Vorgang ist, so ist derselbe, wie die Erfahrung gelehrt hat, doch nicht immer so harmlos von statten gegangen, sondern hat, wie die Katastrophe beim Ablauf der „Daphne“ an der Clyde im Jahre 1884 bewiesen hat, bisweilen die traurigsten Unglücksfälle zur Folge. Von dem Bau des Ablaufsgerüstes, sowie von den sonstigen Einrichtungen, welche beim Stapellauf erforderlich sind, soll später eingehend berichtet werden.

Nach dem Stapellauf wird der weitere Ausbau des Schiffes gefördert, bestehend in der inneren Einrichtung für die Unterbringung von Passagieren und der Besatzung, sowie in der Bemastung und Takelage. Der innere Ausbau nimmt bei den Passagierdampfern und den transatlantischen Schnelldampfern sowie bei den Kriegsschiffen eine Ausdehnung und Vielseitigkeit an, daß darüber im Zusammenhang später gesprochen werden soll. Bei den Segelschiffen handelt es sich in der Hauptsache um die Ausstattung des Quarterdecks oder der Kampagne mit den Wohnräumen für den Kapitän und die

Schiffsoffiziere, sowie um den Bau eines Deckshauses mittschiffs zur Unterbringung der Mannschaftslogis und der Schiffsküche.

Das Einsetzen der Untermasten und des Bugspriets erfolgt meist mit Hilfe eines Mastkranes oder mit Hilfe von provisorisch errichteten Böcken — Zweibeinen. Es folgt dann das Aufbringen der sonstigen Rundhölzer als Stengen, Raaen, Gaffel, Bäume, sowie im Anschluß hieran das Auftakeln, d. h. das Anbringen des stehenden und laufenden Guts der Takelage.

Die Masten bestehen der Höhe nach meist aus mehreren Längen, dem Untermast und den einzelnen Stengen. Der Untermast zerfällt mit Bezug auf seine Abmessungen in drei Teile. Der untere Teil reicht vom Fuß bis unterhalb des Oberdecks. Er erhält am untersten Ende einen vierkantigen Zapfen, mit welchem er in der Mastspur gelagert ist. Im Oberdeck wird der Mast im Mastloch durch die Mastkeile festgekeilt. Der mittlere Teil reicht vom Oberdeck bis zur Sahling, welcher seitlich durch konsolartige Mastbalken gestützt wird. Der oberste Teil der Untermasten heißt der Top des Mastes. Er wird mit vertikal angeordneten Latten benagelt, um ihn gegen das Scheuern der Wanten zu schützen, und trägt an seinem oberen Ende in einem vierkantigen Zapfen das Eselshaupt. Die Untermasten werden aus Kiefern- oder Yellow pine-Holz, die größeren auch aus Stahl gefertigt. Die hölzernen Masten werden meist aus mehreren Hölzern zusammen-

672. Zusammengebaute Masten.

gebaut — gebauter Mast — teils der Länge nach, teils im Querschnitt und durch Bolzen und warm aufgezogene eiserne Ringe verbunden. Man bildet entweder aus zwei Hölzern ein Herzstück von der vollen Maststärke und ergänzt die Seiten durch Schalen, welche oben als Backen ausgearbeitet werden, oder man verwendet ein polygonales Holzstück, welches von Schalen oder Schwalgen umgeben wird. Die stählernen Masten, welche sich durch größere Widerstandsfähigkeit und Dauerhaftigkeit auszeichnen, werden als Cylinder aus Stahlblechen mit innen liegenden Naht- und Stoßstreifen zusammengenietet, und größere Masten erhalten im Inneren Versteifungswinkel oder ┬ Stähle, welche meist zugleich als Nahtstreifen dienen. Die Balken bestehen aus stählernen Konsolblechen, und der Top wird durch einen Deckel geschlossen.

Die Verbindung der Untermasten mit den Stengen erfolgt mit Hilfe des Marses, der Sahlings und des Eselshauptes. Die Längs- und Quersahlings dienen zum Tragen des Marses und als Stützpunkt für den Fuß der Marsstenge, welche mittels des Schloßholzes auf ihnen ruht. Der Mars gibt dem stehenden Gut, den Wanten der Marsstenge die nötige Spreizung und dient nebenbei als Plattform zur Bedienung der oberen Takelage. Das Eselshaupt, auch Eselshooft genannt, besteht aus zwei mit Stegen verbundenen eisernen Ringen, von welchen der hintere auf den vierkantigen Top des Untermastes gekeilt ist, während der vordere zum Halt der Stenge dient. Die Fortsetzung der Marsstenge bildet die Bramstenge, diejenige der Bramstenge die Oberbramstenge oder Royalstenge; letztere besteht jedoch meist mit der Bramstenge aus einem Holz. Die Stengen werden meist aus Kiefern oder Yellow pine, seltener aus Stahl gefertigt und bestehen aus einem Holz. Der Fuß hat einen quadratischen oder achteckigen Querschnitt und paßt genau in die Öffnung zwischen Quer- und Längssahlings; er trägt oberhalb

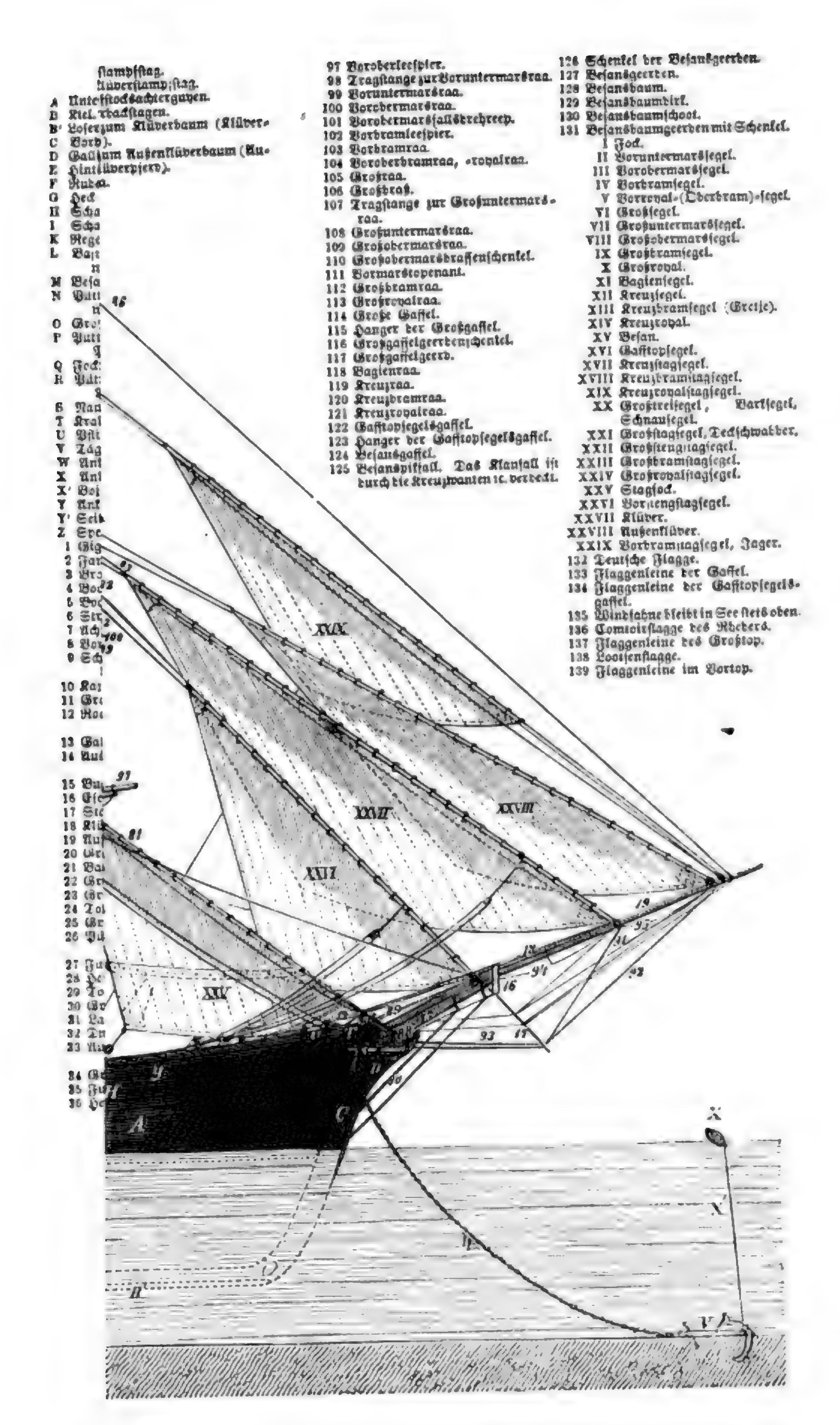
derselben das Schloßholz, einen hölzernen oder eisernen Keil zum Festsetzen der Stenge, sowie etwas oberhalb zwei Scheibgatten — Einschnitte mit Scheiben — für das Stengewindreep. Am oberen Ende erhalten die Stengen eine Anschwellung für die Auflage der Stengensahling. Der Top erhält einen vierkantigen Zapfen zur Befestigung des Stengeneselshauptes oder bei der Oberbramstenge zur Aufnahme des Flaggenknopfes.

Das Bugspriet wird in ähnlicher Weise wie die Untermasten, aus Holz oder Stahl gebaut. Es stützt sich mittels eines vierkantigen Zapfens auf den Bugsprietstuhl und ruht auf dem Vorsteven oder einer besonderen Bettung auf. Am vorderen Ende trägt es das Eselshaupt zur Führung des Klüverbaums. Letzterer sowie der Außenklüverbaum bilden die Verlängerungen des Bugspriets und werden in ähnlicher Weise wie die Stengen gefertigt. Der Klüverbaum ruht an dem hinteren Ende auf dem sogenannten Sattel, und der Fuß wird meist durch eine Zurrung mit dem Bugspriet verbunden. Die Funktion des Marses vertritt die blinde Raa und der Stampfstock.

Die **Raaen**, welche zur Befestigung der Quersegel — Raasegel — dienen, werden meist aus Holz gefertigt; größere Unterraaen werden aus zwei Hölzern zusammengebaut oder aus Stahl gefertigt. Die Mitte der hölzernen Raa bleibt achtkantig und erhält eichene Schalen, der übrige Teil ist bis auf die Nocken, Enden der Raa, zur Aufnahme der Schildpatten rund. An den runden Enden der Nocken sind Bügel zum Durchschieben der Leesegelspieren befestigt, während an der oberen Rundung Jackstaggbolzen, durch welche ein Stahldraht geschoben wird, vorgesehen sind. Die Raaen verteilen sich auf die einzelnen Teile der Masten und werden entsprechend mit Unterraaen, Ober- und Untermarsraaen, Bramraaen, Oberbram- oder Royalraaen bezeichnet. Die Raaen werden in der Mitte mittels der Hangerkette und des Raatakels am Top des Untermastes bezw. der Stengen aufgehängt und durch Rackketten oder eine eiserne Rack an den Mast bezw. die Stenge geholt. Für die beweglichen Marsraaen wird meist ein Tonnenrack verwendet. Die Gaffel dienen zum Ausholen der Gaffelsegel; sie umfassen den Mast bezw. den Schnaumast mit einer Klaue. Der Besansbaum, an welchem das Unterliek des Gaffelsegels ausgeholt wird, wird am Mast mittels Gelenkbolzen befestigt und ist mit Ringen, Augbolzen und Scheibgatten versehen. Für kleinere Fahrzeug werden die Masten mit Stenge aus einem Holz gearbeitet — Pfahlmasten. Die Dimensionierung der Rundhölzer nach Längen und Stärken erfolgt in der Hauptsache nach praktischen Erfahrungen und Regeln.

Die **Masten** stehen teilweise senkrecht (Raaschiffe), teilweise geneigt nach hinten (Gaffelschiffe); man sagt dann, sie haben Fall. Ihre Verteilung längsschiffs richtet sich nach dem Segelriß.

Die Masten, die den von den Segeln aufgenommenen Winddruck auf den Schiffskörper übertragen, dienen in der Hauptsache zur Aufnahme von Druckspannungen. Die Zugspannungen werden von dem stehenden Gut der Takelage, d. h. demjenigen Tauwerk, welches zwischen den Teilen der Bemastung und dem Schiffsrumpf fest ausgespannt ist, übertragen. Das stehende Gut muß so angespannt, d. h. gesetzt werden, daß bei Winddruck auf die Segel die Resultante der Spannungen des stehenden Gutes in die Achse des Mastes fällt, um die Beanspruchung desselben auf Biegung möglichst klein zu halten. Das stehende Gut besteht aus starkem Hanf- oder Stahldrahttau; zu demselben gehören zunächst die Wanten, welche die Masten nach den Schiffsseiten festhalten. Die Wanten erhalten am oberen Ende eine Augspliſſung, um mit dem Auge über den Top der Masten gestreift zu werden; am unteren Ende werden die Jungfern aus Rüsternholz bezw. neuerdings aus schmiedbarem Eisenguß eingebunden, mit welchem die Wanten durch die Taljereeps, entsprechend dünneren Tauen, mit den Jungfernblöcken der Püttingsschienen verbunden und steif gesetzt werden. Die Wanten werden durch Querleinen — Webeleinen — verbunden, und auf diese Weise wird eine Strickleiter zum Besteigen der Masten hergestellt. Die Wanten der Stengen reichen vom Top der Stenge bis zu den Marsen oder Sahlingen, während die Stengepardunen von dem oberen Ende der Stenge, ähnlich den Wanten, bis auf die Rüsten gespannt sind. Während die Wanten und Pardunen in der Richtung querschiffs ausgespannt sind, wirken die Stage in der Richtung längsschiffs zur Verstrebung der Bemastung. Die Stage sind an Deck oder am Bugspriet


stampfstag.
Klüverstampfstag.
A Unterstockachterguyen.
B Kiel. Wasserstagen.
B' Loserzum Klüverbaum (Klüver-
C Bord).
D Gallzum Außenklüverbaum (Au-
E Hintklüverpierd).
F Ruder.
97 Vorobereleespier.
98 Tragstange zur Vorunter marsraa.
99 Vorunter marsraa.
100 Voroberm arsraa.
101 Vorobermarsfallsdrehreep.
102 Vorbramleespier.
103 Vorbramraa.
104 Vorooberbramraa, -royalraa.
105 Großraa.
106 Großbraß.
107 Tragstange zur Großuntermars-
raa.
108 Großuntermarsraa.
109 Großobermarsraa.
110 Großobermarsbraffenschenkel.
111 Vormarstopenant.
112 Großbramraa.
113 Großroyalraa.
114 Große Gaffel.
115 Hanger der Großgaffel.
116 Großgaffelgeerdenschenkel.
117 Großgaffelgeerd.
118 Bagienraa.
119 Kreuzraa.
120 Kreuzbramraa.
121 Kreuzroyalraa.
122 Gafftopsegelsgaffel.
123 Hanger der Gafftopsegelsgaffel.
124 Besansgaffel.
125 Besanspikfall. Das Klaufall ist
durch die Kreuzwanten ꝛc. verdeckt.
126 Schenkel der Besansgeerden.
127 Besansgeerden.
128 Besansbaum.
129 Besansbaumdirk.
130 Besansbaumschoot.
131 Besansbaumgeerden mit Schenkel.
I Fock.
II Voruntermarssegel.
III Vorobermarssegel.
IV Vorbramsegel.
V Vorroyal-(Oberbram)-segel.
VI Großsegel.
VII Großuntermarssegel.
VIII Großobermarssegel.
IX Großbramsegel.
X Großroyal.
XI Bagiensegel.
XII Kreuzsegel.
XIII Kreuzbramsegel (Greise).
XIV Kreuzroyal.
XV Besan.
XVI Gafftopsegel.
XVII Kreuzstagsegel.
XVIII Kreuzbramstagsegel.
XIX Kreuzroyalstagsegel.
XX Großtreisegel, Barksegel,
Schnausegel.
XXI Großstagsegel, Deckschwabber.
XXII Großstengestagsegel.
XXIII Großbramstagsegel.
XXIV Großroyalstagsegel.
XXV Stagfock.
XXVI Vorstengstagsegel.
XXVII Klüver.
XXVIII Außenklüver.
XXIX Vorbramstagsegel, Jager.
132 Deutsche Flagge.
133 Flaggenleine der Gaffel.
134 Flaggenleine der Gafftopsegels-
gaffel.
135 Windfahne bleibt in See stets oben.
136 Comtoirflagge des Rheders.
137 Flaggenleine des Grosstop.
138 Lootsenflagge.
139 Flaggenleine im Vortop.
XXIX
XXVIII
XXVII
XXVI
XXV

hiffs.

mittels Kauschen oder Doodshofte befestigt und steigen zu den Masten und Stengen schräg nach aufwärts. Sie werden nach dem Teil der Bemastung, welchen sie stützen, benannt, z. B. Großstengestag, Vorbramstag u. s. w. Fahren an den Stagen zugleich Schratsegel, so heißen sie Leiter, z. B. Klüverleiter. Die Stage gehen auch von Mast zu Mast, und auf diese Weise wird vom Bugspriet bis zum hintersten Mast eine fortlaufende Kette von Tauen ausgespannt. Das stehende Tauwerk des Bugspriets bilden die Wasserstagen, welche es nach unten halten und dem Zug des Fock- und Vorstengestags entgegenwirken, und die Bugstagen, welche das Bugspriet seitlich nach dem Bug des Schiffes verstagen. Man verwendet für letztere meist Ketten. Der Klüverbaum sowie der Außenklüverbaum erhalten zur Stützung Stampfstage, Taue oder Ketten, welche über einen am Eselshaupt des Bugspriets befestigten Stock, den sogenannten Stampfstock, als Spreize nach dem Gallion geführt sind. Der Stampfstock wird durch Achterholer nach jeder Seite des Schiffsbuges gehalten. Der Klüver- und Außenklüverbaum werden seitwärts durch ihre Geien oder Backstagen, die über die blinde Raa oder einen Auslieger am Kranbalken nach dem Schiffsbuge reichen, gestützt. Alles stehende Tauwerk wird an den Stellen, an welchen es um die Masten und sonstige Rundhölzer, sowie um die Jungfern, Doodshofte u. s. w. gelegt wird, mit schmalen Streifen geteerten Segeltuchs — Schmarting — umwunden und dann gekleidet, d. h. mit dünnem Tau — Schiemannsgarn — umwickelt, um es besser gegen lokalen Druck zu schützen.

Zum stehenden Tauwerk sind noch zu rechnen die sogenannten Pferde oder Peerde, welche unter allen Raaen und unter dem Klüverbaum in halber Mannshöhe entfernt hängen und in bestimmten Zwischenräumen von senkrecht herabgehenden Hangern (Springstroppen oder Springpferden) gehalten werden. Sie dienen den Matrosen als Fußstütze beim Beschlagen und Lösen der Segel. Ferner gehören dazu die Topenanten, Taue, welche zum Wagerechthalten der Raaen von den Nocken derselben bis zum Top des Mastes bezw. der Stengen ausgespannt sind. Die Topenant des Baumes heißt Dirk. Das stehende Gut teilt man auch in Vorgeschirr — zwischen Fockmast und Bugspriet bezw. Klüverbaum — und Achtergeschirr oder benennt es nach den einzelnen Abschnitten des Mastes, z. B. Marsgut.

678. Takelage.

1 Untersegel, 2 Marssegel, 3 Bramsegel, 4 Oberbramsegel, 5 Unterleesegel, 6 Marsleesegel oder Oberleesegel, 7 Bramleesegel, 8 Topenanten, 9 Besan, 10 Reffband, 11 Refftalje, 12 Bulain, 13 Geitaue, 14 Leesegelschote, 15 Leesegelhals, 16 Leesegelfall, 17 Backspierentopenant.

Das laufende Gut der Takelage umfaßt alles Tauwerk, welches bewegt, d. h. geholt oder gefiert wird und mit welchem die Raaen gebraßt, die Gaffeln und Stengen geheißt und gefiert sowie die Segel geheißt bezw. niedergeholt oder geborgen bezw. gerefft werden. Die Brassen sind an den Raaschenkeln bezw. Raanocken befestigt und von dort direkt oder durch Blöcke nach den benachbarten Masten oder an Deck geleitet; sie dienen dazu, die Raaen in einem bestimmten Winkel zur Längsschiffsebene festzustellen. Am Großmast heißen diese Taue Großbrassen, am Fockmast entsprechend Vorbrassen; auch

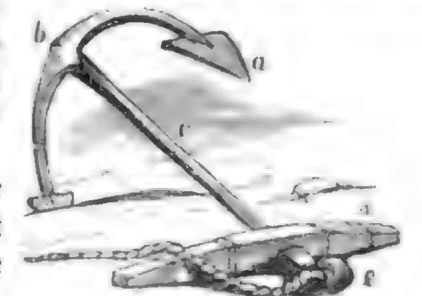
sind sie nach den Raaen, welche sie bewegen, benannt, z. B. Großmarsbrasse. Zum seitlichen Feststellen der Gaffeln dienen die Geerden, Taue, die an der Piek der Gaffel befestigt sind. Die Gaffeln werden durch sogenannte Fallen an ihrer Stelle gehalten, die Klaue durch das Klaufall, welches nach der Hinterkante des Marses und von dort an Deck geleitet ist, die Piek durch das Piekfall; es reicht von der Piek über einen oder mehrere Blöcke am Top des Mastes an Deck. Zum Heißen oder Fieren der Raaen dient eine Kette oder ein Tau in Verbindung mit einer Talje, das sogenannte Drehreep, während die Stengen entsprechend durch das Stengewindreep geheißt und gefiert werden. Drehreep und Windreep laufen meist über einen am Mast bezw. der Stenge aufgehängten Block und durch eine in der Stenge in einem Scheibgatt gelagerte Scheibe.

Der größte Teil der Segel wird an zwei Rundhölzern, an zwei Raaen oder an der Gaffel und dem Baum ausgespannt, und zwar ist das Oberliek der Segel stets an der oberen Raa bezw. der Gaffel angereiht. Das Unterliek wird durch die Schote und den Hals ausgespannt. Die Schote, ein Tau oder eine Talje, sitzt bei Schratsegeln an dem hinteren, unteren, bei Raasegeln an demjenigen Schothorn, welches bei angebraßter Raa nach hinten weist. Der Hals ist bei Schratsegeln an dem vorderen, unteren Halslegel, bei den Raasegeln an dem unteren, vorderen Brillenlegel bei angebraßter Raa befestigt. Die Bulienen nebst Spruten dienen dazu, das Luvliek eines Untersegels beim Amwindesegeln nach vorn zu spannen. Die Geitaue oder Dempgordings dienen zum Aufholen der Gaffelsegel an den Mast, die Bauch- oder Nockgordings zum Aufholen des Fußlieks bezw. des stehenden oder Seitenlieks von Raasegeln an die obere Raa, so daß die Segel gardinenartig herunterhängen. Die Refftalje erleichtert das Reffen, d. h. das Verkleinern der Segel und wird mittels derselben der Refftakellegel nach der Raanock gespannt. Zum Beschlagen der gerefften Segel dienen dünne Taue, die Beschlag- oder Reffzeisinge. Sind die Gaffelsegel an der Gaffel nicht fest angereiht, so wird das Piekohr des Segels durch den Einholer bezw. Ausholer längs der Gaffel an den Mast gezogen bezw. nach der Gaffelnock ausgeholt. Die Stagsegel haben zum Auf- und Niederziehen ein Fall bezw. einen Niederholer. Die übrigen Teile des laufenden Guts bestehen aus Tauen — Läufern — welche in Verbindung mit Blöcken als Flaschenzüge — Taljen, Giens, Takel — zu den verschiedensten Arbeitsleistungen verwendet werden. Die Blöcke bestehen aus einem hölzernen bezw. eisernen flachen Gehäuse, in welchem in einer oder mehreren Öffnungen — Scheibgatten — Rollen mit Hohlkehlung aus Pockholz, Eisen oder Bronze mittels Bolzen gelagert sind. Zum Befestigen des Blockgehäuses enthält es einen Stropp oder einen eisernen Beschlag. Nach der Zahl der Scheiben unterscheidet man ein- bis vierscheibige Blöcke, nach der Form der Gehäuse, Klump-, Leit-, Puppen-, Violin-, Schulter- und Kinnbackblöcke. Erfolgt die Befestigung des Blocks mittels Haken, so nennt man ihn einen Hakenblock, wird derselbe mit einem kurzen Steert angeschlagen, so heißt er Steert- oder Schwanzblock. Hakenblöcke mit Wirbelhaken nennt man Wirbelblöcke. Das durch Blöcke geschorene Tauende heißt allgemein Läufer. Die Taljen, Takel und Giens werden zum Einsetzen und Herausnehmen der Masten, Mastgien, zum Heben von Lasten, wie Geschütze, Boote, Anker, Ladung, sowie zum Bedienen der Takelage, Stag-, Nock-, Ladetakel u. s. w. in verschiedenster Weise verwendet.

Sind die Masten sowie das Bugspriet eingesetzt, die Stengen, Raaen und Gaffeln aufgebracht, der Klüverbaum ausgeschoben, ist das stehende Gut aufgelegt und angesetzt, das laufende Gut eingeschoren, so ist das Schiff auf- oder zugetakelt. Es sind dann nur noch die Segel anzuschlagen — unterzubinden, um das Schiff nach Beendigung der Ausrüstung mit Proviant, Ladung u. s. w. seefertig zu machen. Sind die Segel abgeschlagen, laufendes Gut ausgeschoren, Klüverbaum eingeholt, Raaen an Deck gelegt und die Stengen gestrichen oder heruntergenommen, stehendes Gut abgenommen, so ist das Schiff abgetakelt.

Die Ausrüstung des Schiffes besteht nun in dem gesamten Inventar, wie Anker nebst Ketten, Tauwerk, Boote, nautische Instrumente und Flaggen, Segel, Persenninge sowie die Utensilien für Wohn- und Mannschaftsräume, ferner die Lebensmittel an Brot, Fleisch und Trockenproviant sowie Trinkwasser und für Dampfschiffe Kohlen und Schmiermaterialien u. s. w.

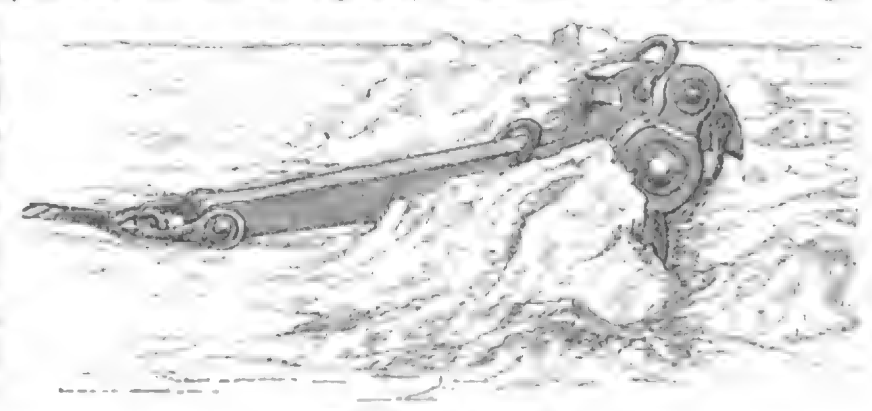
Der **Schiffsanker** hat den Zweck, das Schiff im Hafen und auf der Rhede mit Hilfe der Ankerkette an einem bestimmten Ankerplatz gegen Strom und Wind festzuhalten. Er muß derart eingerichtet sein, daß er beim Auswerfen mit seinen Armen und Pflügen schnell in den Grund eingreift und beim Steifkommen der Kette sicher haften bleibt, beim Lichten des Ankers jedoch, wenn die Kette beim Einhieven auf und nieder zu stehen kommt, die Arme aus dem Boden ausgebrochen werden. Die gebräuchlichste Ankerform bildet der Normal- oder Admiralitätsanker und der Porter-Anker. Auf Kriegsschiffen finden vorzugsweise sogenannte Patentanker von Martin, Inglefield, Hall u. s. w. ohne Stock Verwendung, da sich dieselben besser verstauen lassen. Um das Haltevermögen zu vergrößern, greifen beide Pflüge zugleich in den Grund. Je nach der Lagerung an Bord sowie nach ihrem Verwendungszweck gliedert man die Anker in Buganker für den gewöhnlichen Gebrauch, Rüstanker als Reserve, bei Segelschiffen meist auf der Fockrüst verstaut, Heckanker, am Heck gelagert, und in den kleinen Warp-, Strom- und Bootsanker. Die Anker werden meist aus Schmiede eisen oder Stahl geschmiedet, die Patentanker werden teilweise aus Stahlguß gefertigt. Sie kommen in Größen bis zu 6000 kg Gewicht vor.


674. Normalanker.
a Hand, Pflug oder Flügel. b Kreuz. c Ankerschaft. d Ankerstock. e Röhrring.

675. Patentanker mit beweglichen Armen.
Nach Porter und Trotman.

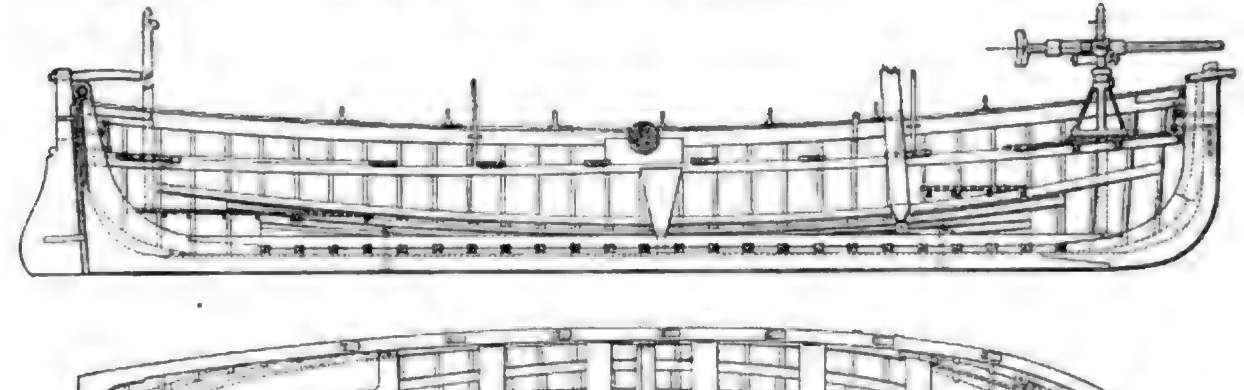
Die Ankerketten bestehen für schwere Ketten aus Gliedern mit gußeisernem Steg, für leichte Ketten ohne Steg; sie kommen meist in Längen von 25 m zur Verwendung, und man benutzt für einen Anker 7 bis 9 Längen. Die Kettenenden werden durch Schäkel verbunden, und 6 m vom Anker ist stets ein Wirbelschäkel eingeschaltet, um etwaige Törns in der Ankerkette leichter beseitigen zu können.

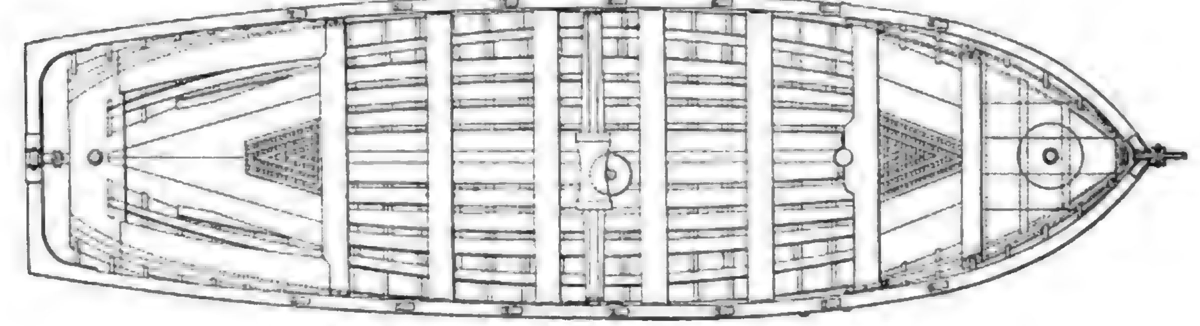
Die Anzahl und Größe der **Boote** richtet sich nach der Größe und Besatzungszahl des Schiffes. Bei den Schiffen der Handelsmarine dienen die Boote für den Verkehr mit dem Lande, zum Verholen des Schiffes im Hafen, sowie vor allem als Rettungsboote bei Schiffsunfällen. Sie sind vorzugsweise als Ruderboote gebaut, jedoch meist auch zum Segeln eingerichtet. Bei den Kriegsschiffen ist der Verwendungszweck der Boote vielseitiger, und bei denselben haben sich bestimmte Bootsgattungen ausgebildet. Die Barkassen sind Boote schwerer Bauart und dienen zum Transport schwerer Gegenstände, zum Ausbringen von Ankern u. s. w., die Pinassen sind etwas leichter gebaut und dienen denselben Zwecken. Die Kutter sind die Hauptverkehrsboote und in See Rettungsboote; die Gigs sind leichte, schlanke Ruderboote zur Benutzung für den Kommandanten, die Jollen und Dingis sind kleinere Verkehrsboote für die Mannschaft. Außerdem haben die Kriegsschiffe ein bezw. zwei Dampfbeiboote an Bord, welche für den Wachtdienst und zu Landungsmanövern mit einem leichten Geschütz armiert sind.


676. Verbesserter Inglefieldanker.

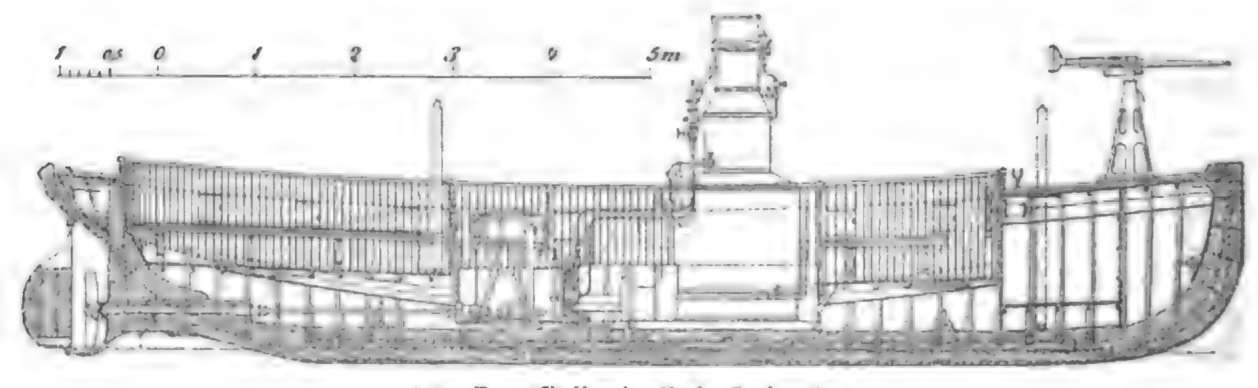
Digitized by Google

Die Kriegsschiffsboote, sowie der größere Teil der Boote der Kauffahrteimarine werden aus Holz gebaut und zwar vorzugsweise aus Eichen. Je nachdem die Außenhautplanken der Boote übereinander greifen oder stumpf aneinander stoßen oder in zwei Lagen übereinander angeordnet und sich in geneigter Lage kreuzen, unterscheidet man Klinker-, Kraweel- oder Diagonalboote. Der Bau der Boote erfolgt in geschlossenen Werkstätten, der Bootsbauwerkstatt. Die Rettungsboote der Passagierdampfer sowie auch zum großen Teil die Rettungsboote der Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger werden aus kanneliertem Stahlbleche — Francis' Patent — erbaut und an den Seiten, sowie vorn und hinten mit stählernen Luftkästen versehen, um die Schwimmfähigkeit des Bootes auch beim Vollschlagen von der See aufrecht zu erhalten.





677. Kriegsschiffskutter. Nach „Engineering".

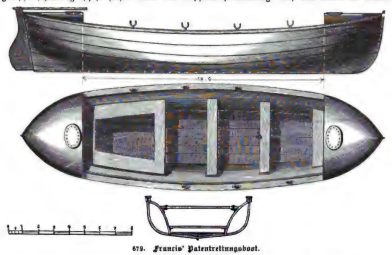


678. Dampfbeiboot. Nach „Engineering".

Kompositbau. Die Schwierigkeiten, welche schon während der Periode des Holzschiffbaues die Beschaffung gesunder Krummhölzer für die Spanten und Steventeile verursachten, legten nach Einführung des Walzeisens den Gedanken nahe, diese Teile des Schiffes, ähnlich wie es schon mit den Balken und Knieen stellenweise geschehen war, aus Eisen herzustellen, zumal der konstruktive Wert der Holzspanten durch die Zusammensetzung derselben aus vielen Teilen ein sehr geringer war. Anderseits war die Beibehaltung der hölzernen Außenhaut wegen der bequemen Befestigung eines metallenen Bodenbeschlages von großer Wichtigkeit. Und so entstand der sogenannte Kompositbau, eine Vereinigung von Holz und Eisen zum Bau des Schiffsrumpfes. Der Kompositbau wurde zuerst in England ausgebildet, und zwar bestehen in der Hauptsache die inneren Verbandsteile desselben als Spanten, Balken, Kielschwein, Diagonalbänder, Stringer u. s. w. aus Eisen, während die äußeren auf Dichtigkeit wirkenden Bauteile, wie Kiel, Außenhaut und Decks aus

Holz verblieben. Zur Verstärkung des Längsverbandes treten an den am meisten beanspruchten Teilen und zwar am Kiel, in der Kimm und an den Schergängen, Plattengänge hinzu, welche mit den eisernen Spanten vernietet und miteinander durch eiserne Diagonalschienen verbunden wurden. Ferner werden die Enden der eisernen Decksbalken durch die sogenannten Stringerplatten miteinander und durch Stringerwinkel mit den Spanten verbunden, so daß ein vollständiges eisernes Gerippe entsteht, welches als Auflage für die hölzerne Außenhaut dient.

Auch die hölzernen Steven suchte man durch entsprechende eiserne Trägerkonstruktionen zu versteifen. Besondere Schwierigkeiten erforderte jedoch die Befestigung der Außenhautplanken auf den eisernen Spanten, und die zwischen je zwei Spanten anzuordnenden Plankenstöße müssen auf kurzen eisernen Plattenstücken verbolzt werden. Da bei Anwendung eines metallenen Bodenbeschlages die Isolierung des Metalls von dem eisernen Schiffsgerippe schwierig ist, so führte man eine doppelte Plankenlage ein, von denen die innere



679. Francis' Patentrettungsboot.

mittels eiserner verzinkter Bolzen mit Muttern an den Spanten, die äußere dagegen durch metallene Holzschrauben an der inneren Holzhaut befestigt wurden. Für größere Schiffe führte diese Bauweise dann dazu, den Schiffsrumpf ganz aus Eisen oder Stahl herzustellen mit vollständiger eiserner Außenhaut und diese Eisenhaut dann mit einer doppelten Holzhaut zu bekleiden. Die Steven dieser Schiffe werden dann meist aus Bronze gefertigt. Als Isolierungsmaterial zwischen dem eisernen Schiffsrumpf und der inneren Holzhaut, sowie zwischen dieser und der äußeren Beplankung benutzt man meist geteerten Filz mit Marineleim.

Eisen- bezw. Stahlschiffbau.

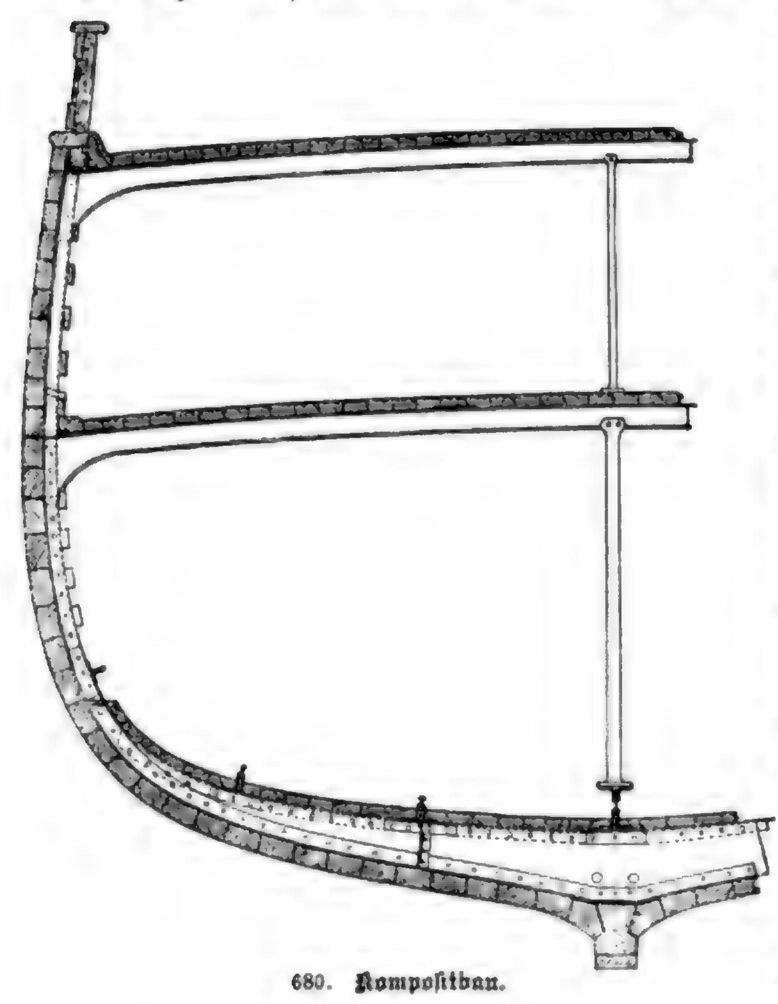
Nachdem in Vorstehendem der Bau und die Ausrüstung der Holzschiffe und zwar im besonderen der hölzernen Segelschiffe in allgemeinen Umrissen geschildert ist, wenden wir uns zu dem heutigestags allgemein eingeführten Eisen- bezw. Stahlschiffbau, welcher in der Bauausführung der gewaltigen transatlantischen Schnelldampfer sowie in dem Bau der gepanzerten und schwer armierten Linienschiffe der Kriegsmarinen zunächst einen Höhepunkt erreicht hat, wie er kaum in den Anfängen des Eisenschiffbaues vorauszusehen war.

Die Einführung des Eisenschiffbaues brachte eine vollkommene Umwälzung der Werftanlagen sowie der Arbeitsmethoden für den Bau der Schiffe mit sich. Während

Digitized by Google

man beim Holzschiffbau sich fast ausschließlich mit Handarbeit begnügen konnte, da die Bearbeitung und Zurichtung der Hölzer mit dem Beil bezw. Dechsel leicht ausführbar war, so mußte man für die Bearbeitung der Eisen- bezw. Stahlmaterialien, als Bleche, Winkel- und Profileisen, Arbeitsmaschinen zu Hilfe nehmen. Die Herrichtung der einzelnen Bauteile bis zum Einbau auf der Helling erstreckt sich auf das Beschneiden und Behobeln der Bleche und Winkel auf richtiges Längen- und Breitenmaß, die Herstellung der Nietlöcher, um die einzelnen Schiffsteile mittels Nietung zu verbinden, sowie auf die verschiedenen Arbeitsausführungen, um den Blechen und Winkeln eine der Schiffsform entsprechende Krümmung oder Biegung zu geben.

Zum Beschneiden der Bleche und Winkel dienen solid gebaute Blech- und Winkelscheren, zum Behobeln der Blechkanten im besonderen der Außenhautplatten besondere Kantenhobelmaschinen, während die Nietlöcher in den Blechen und Winkeln durch starke Lochwerke oder Bohrmaschinen hergestellt werden. Da beim Schiffbaustahl das Material beim Lochen insofern leidet, als sich um das Loch eine Zone von wesentlich festerem, aber dafür spröderem Material bildet, so daß bei größerer Beanspruchung die Platten, von den Rändern der Nietlöcher anfangend, reißen, so pflegt man die Stahlbleche mit einem um 3 bis 4 mm kleineren Stempel zu lochen und nachher auf den richtigen Durchmesser aufzubohren, so daß hierdurch das im Umfang der Löcher befindliche sprödere Material entfernt wird. Bei den Nietlöchern mit versenkter Nietung wird das Aufbohren meist unterlassen, und man beschränkt sich darauf, die Versenkung des Loches nach dem Stanzen zu bohren. Hierzu dienen besondere Versenkbohrmaschinen.



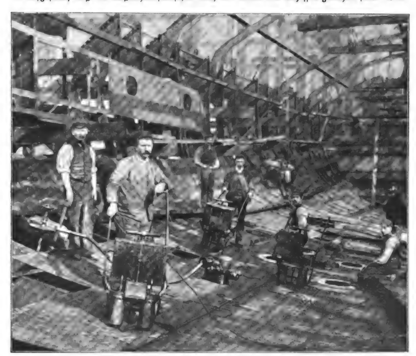
680. Kompositbau.

Da es nicht immer möglich ist, alle Nietlöcher in den Platten und Winkeln schon in der Werkstatt zu lochen bezw. zu bohren, es überdies zum genauen Passen der Löcher übereinander wünschenswert ist, die Löcher erst nach dem Anpassen der Bauteile auf der Helling herzustellen, so hat man neuerdings vielfach transportable elektrische Bohrmaschinen beim Schiffbau mit gutem Erfolg verwandt, im besonderen beim Bohren der Löcher in Panzerdecks u. s. w. Die Bohrmaschinen werden teilweise durch Halter oder durch Elektromagnete an dem Arbeitsstück festgehalten (Abb. 681).

Bei den Stahlwinkeln wird diese Arbeitsweise nicht notwendig, wenn dieselbe nach dem Lochen noch auf Rotglut, wie zum Biegen der Spanten erforderlich, gebracht werden. Erhalten die Spanten jedoch erst nach dem Biegen in die Spantform Nietlöcher, so werden dieselben meist gebohrt.

Eine besondere Sorgfalt und Geschicklichkeit erfordert die Bearbeitung der Bleche und Winkel im rotwarmen Zustande, um sie in die mannigfachsten gekrümmten Formen zu bringen. Hierher gehört vor allem das Biegen und Schmiegen der Spantwinkel, welche von den Hüttenwerken in geraden Stangen mit winkelrechten Flanschen bezogen werden. Da der eine Flansch der Spanten, ähnlich wie die hölzernen Spanten beim

Holzschiffbau, normal zur Längsschiffebene gerichtet ist, der andere jedoch an der Außenhaut des Schiffes anliegen und daher dem Winkel zwischen Außenhaut des Schiffes und dessen Querschnitt entsprechen muß, so muß der Spantwinkel mit dem querschiffs gerichteten Schenkel genau nach der Spantform gebogen werden, während der längsschiffs gerichtete Schenkel zu gleicher Zeit dem Verlauf der Außenhaut entsprechend Schmiege erhalten muß. Das Schmiegen besteht fast durchweg in der Überführung des rechten Winkels in einen stumpfen, um später die Niete zur Verbindung der Spantwinkel mit den Außenhautpatten bequemer schlagen zu können, und daher werden die Spanten später so aufgestellt, daß die Außenhautflanschen nach der Mitte des Schiffes gerichtet sind. Das



681. Elektrische Bohrmaschine. Nach „Engineering".

Biegen und Schmiegen der Spantwinkel erfolgt auf den sogenannten Richtplatten, schweren, gußeisernen Platten, welche zum Befestigen von eisernen Pflöcken oder Bügeln mit einer großen Zahl von Löchern oder länglichen Schlitzen versehen sind. Nachdem die Spantwinkel in einem besonderen Glühofen stark rotglühend gemacht sind, werden dieselben auf die Richtplatten gezogen und im rotwarmen Zustande über eine Anzahl eiserner Pflöcke gebogen, welche der Spantform entsprechend in den Löchern der Richtplatten vorher genau festgesetzt sind. Hierbei muß der auf den Richtplatten liegende Winkelflansch auf diesen stets fest anliegen, während der andere Flansch in derselben Hitze der Schmiege entsprechend gerichtet wird. Der gebogene und geschmiegte Winkel wird durch besondere Bügel sowie Keile bis zum Erkalten festgehalten. Da alle diese Arbeiten in einer Hitze erfolgen müssen und das Bearbeiten der Winkel in blauwarmem Zustande für das Material ungünstig ist, so erfordert das Biegen und Schmiegen der Spantwinkel eine sehr geübte Mannschaft. Seit einigen Jahren verwendet man zum Schmiegen der Spantwinkel besondere Schmiege-

Digitized by Google

maschinen, Kegelradwalzen, durch welche die aus dem Glühofen herauskommenden Winkel, bevor sie auf der Richtplatte gebogen werden, hindurchlaufen. Die Walzen können hierbei auf einen bestimmten Schmiegewinkel eingestellt werden. In ähnlicher Weise erfolgt das Biegen der Bleche, im besonderen der Außenhautplatten im Hinterschiff um die Wellenrohre und an der Gillung, sowie der Kielplatten in rotglühendem Zustande. Die Platten werden zu diesem Zwecke in besonderen Plattenglühöfen auf Rotglut erwärmt und in diesem Zustand entweder mit der Hand durch Poltern mittels Holzhämmer in eine vorbereitete Form gestaucht oder mittels hydraulischer Presse zwischen gußeiserne Versenkstücke gepreßt. Das Richten und Spannen der Bleche sowie das Biegen derselben in einfachere gekrümmte Formen im kalten Zustande besorgen starke eiserne Blechwalzen. Überhaupt ist man neuerdings mehr und mehr bestrebt, die Formengebungen der Bleche, wie Börteln der Kanten, Biegen der Kielbleche u. s. w. im kalten Zustande vorzunehmen,

682. Glühofen und Spantenbiegenplan (Richtplatten) mit Schmirgelmaschine der Flensburger Schiffbau-Gesellschaft.

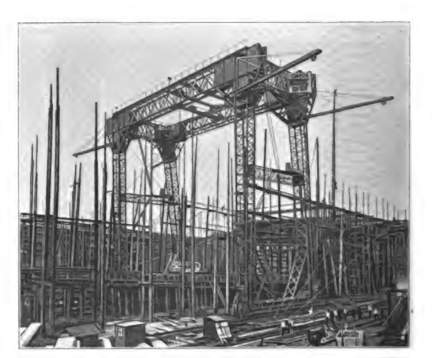
nachdem das Schiffbaumaterial an Güte gewonnen hat. Neben dem Biegen und Schmiegen des Spantwinkels ist ein großer Teil der Verbindungswinkel für die einzelnen Bauteile warm zu bearbeiten, um sie im Winkel zu schweißen oder über andere Bauteile zu kröpfen. Der Eisen- und Stahlschiffbau erfordert daher eine große Menge von Arbeitsmaschinen zur Bearbeitung der Materialien im kalten Zustande sowie auch besondere Einrichtungen, wie Glühöfen, Schmiedeessen, um den Stahl in rotwarmem Zustande in die richtige Form zu bringen oder in Weißglut schweißen zu können.

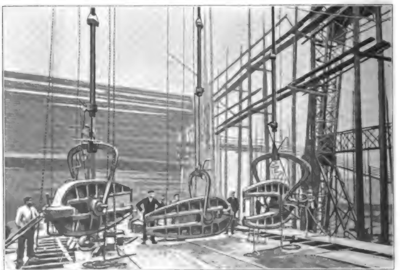
Nachdem die einzelnen Bauteile in der Schiffbauwerkstatt durch die Arbeitsmaschinen geschnitten, behobelt und mit Nietlöchern versehen sind, werden dieselben zur Helling transportiert und dort zusammengebaut, indem sie zunächst provisorisch miteinander verbunden werden. Sind alle Verbandteile zur Stelle, so erfolgt der endgültige Einbau durch die Nietung. Man verwendet in der Hauptsache zwei Arten von Nieten, versenkte Nieten und Schellkopfnieten. Erstere finden überall dort Verwendung, wo eine glatte Oberfläche erforderlich ist, wie z. B. bei der Außenhautbeplattung, bei den eisernen Decks u. s. w. Die Schellkopfnietung wird meist für die inneren Bauteile benutzt. Da die Zahl der für einen Schiffsrumpf erforderlichen Nieten eine ganz bedeutende ist — in

Digitized by Google

683. Blechwalze für Außenhautplatten. Nach „Engineering“.

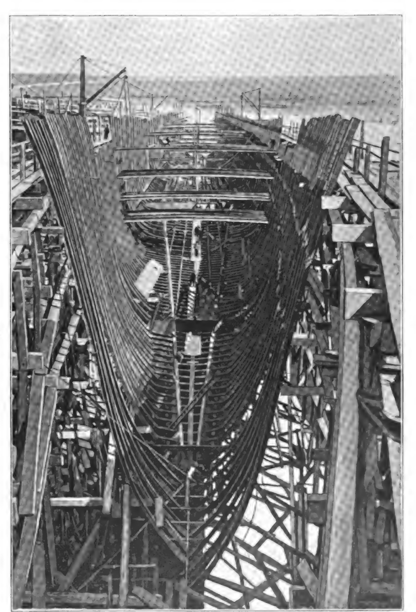
Digitized by Google





684. Fahrbarer Hellingkran mit daran hängenden hydraulischen Nietmaschinen beim Bau der „Oceanic“ auf der Werft von Harland & Wolf in Belfast. Nach „Engineering“.

Digitized by Google

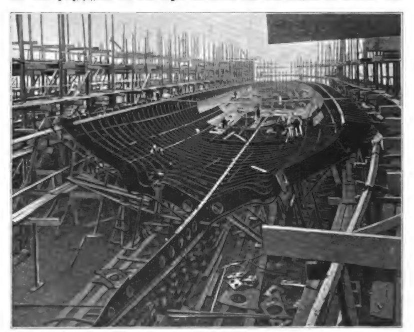


685. Schnelldampfer „Kaiser Friedrich“ in Spanten stehend auf der Werft von F. Schichau in Danzig.

Digitized by Google

dem „Great Eastern“ sind seiner Zeit zwei Millionen Nieten zur Verwendung gekommen, während der neueste Schnelldampfer der White Star-Linie „Oceanic“ 1 700 000 Nieten aufzuweisen hat — so war man sehr bald darauf bedacht, die Handarbeit, welche geschulte und tüchtige Handwerker erfordert, durch Maschinenarbeit zu ersetzen. Und so ist auf allen größeren Werften eine größere Zahl von hydraulischen Nietmaschinen, namentlich zum Vernieten der inneren Bauteile, Spanten, Gegenspanten und Bodenwrangen, sowie Decksbalken in Betrieb, während neuerdings vornehmlich in Amerika auch für die Nietung der Außenhaut, sowie der Schotte und Decks pneumatische Nietmaschinen, welche durch Preßluft getrieben werden, Eingang gefunden haben.

Der Zusammenbau des Schiffsrumpfes auf der Helling erfolgt in ähnlicher Weise wie beim Holzschiffbau mit dem Legen des Kieles und dem Richten der Steven. Die



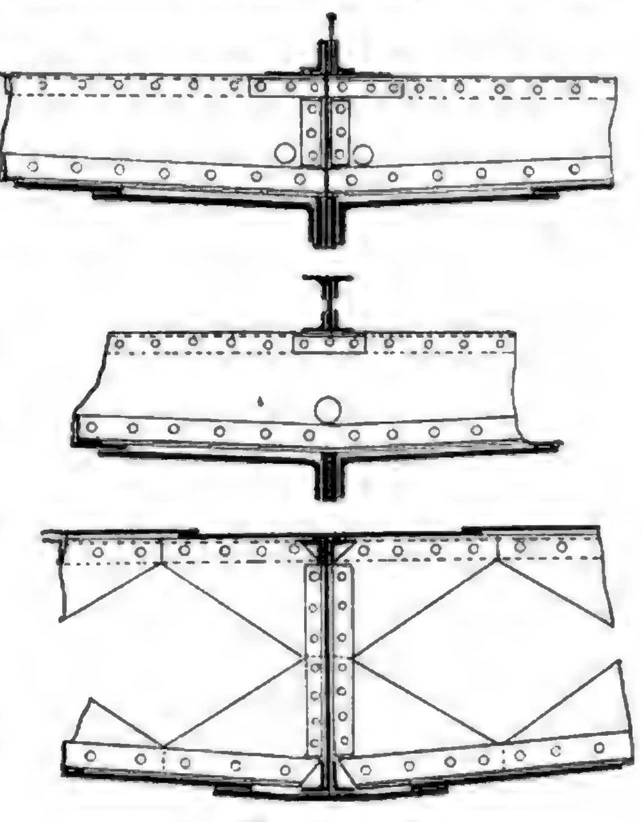
686. Linienschiff „Kaiser Friedrich Barbarossa“ auf der Werft von F. Schichau in Danzig. Hinterer Teil des Bodens.

weiteren Bauteile lassen sich jedoch nicht so getrennt und übersichtlich nacheinander einbauen, da dieselben infolge ihrer Verbindung durch Nietung vollkommen ineinander übergehen. Auch ist eine Trennung der Verbandteile wie beim Holzschiffbau in solche, welche vorzugsweise zur Aufnahme der Zug-, Druck- und Schubspannungen bestimmt sind, und in solche, welche in der Hauptsache dem Zwecke eines wasserdichten Abschlusses dienen sollen, nicht erforderlich, da alle Teile gleichmäßig auf Festigkeit beansprucht und dementsprechend auch ausgenutzt werden. Der Längsverband der Eisenschiffe wird daher durch die Kielverbindung, die Kielschweine und Längsspanten, sowie durch die Außenhaut, die Decks und den inneren Boden aufgenommen, während die Querspanten nebst Bodenwrangen und Balken, sowie die Querschotte den Hauptquerverband darstellen. Je nachdem nun der Längsverband oder der Querverband mehr in den Vordergrund gestellt wird, sei es aus Gründen der Festigkeit, sei es mit Bezug auf die praktische und ökonomische Ausführung des Baues,

Digitized by Google

unterscheidet man die Bauweise nach dem Längsspanten- oder Querspantensystem. Das letztere lehnt sich am meisten an den Holzschiffbau an und ist die ältere Bauweise. Sie findet noch heute für den Bau von Handelsschiffen die weiteste Verbreitung, während das Längsspantensystem, welches zuerst beim „Great Eastern" in weitestgehendem Maße zur Verwendung gekommen ist, vorzugsweise im Kriegsschiffbau Eingang gefunden hat.

Bei dem Querspantensysteme bilden die Querspanten den Hauptverbandteil. Sie bestehen aus dem äußeren Spantwinkel, welcher zur Befestigung der Außenhaut dient, sowie dem inneren Spantwinkel oder Gekehrtspant, welche im oberen Teile direkt, im Boden durch Zwischenschaltung eines Trägerbleches, der sogenannten Bodenwrange, miteinander vernietet werden. An Stelle der aus Außen- und Innenspantwinkeln zusammengebauten Querspanten verwendet man auch gewalzte Profilstahle von ⅂ oder [Querschnitt, und werden dieselben am unteren Ende zur Zwischenschaltung der Bodenwrange aufgeschnitten und auseinander gebogen. Die Querspanten werden aus möglichst langen Winkelstangen zusammengebaut; die Außenspanten reichen meist in einer Länge vom Kiel bis zum Oberdeck, während die Innenspanten über den Kiel ununterbrochen durchlaufen und abwechselnd in der Kimm oder oberhalb derselben gestoßen werden. Die Bodenwrangenbleche werden bei kleineren Schiffen aus einem Blech geschnitten, bei größeren stoßen sie an der Mittelkielplatte ab, oder sie erhalten abwechselnd zur Seite desselben einen Stoß.



687. Kielverbindungen.

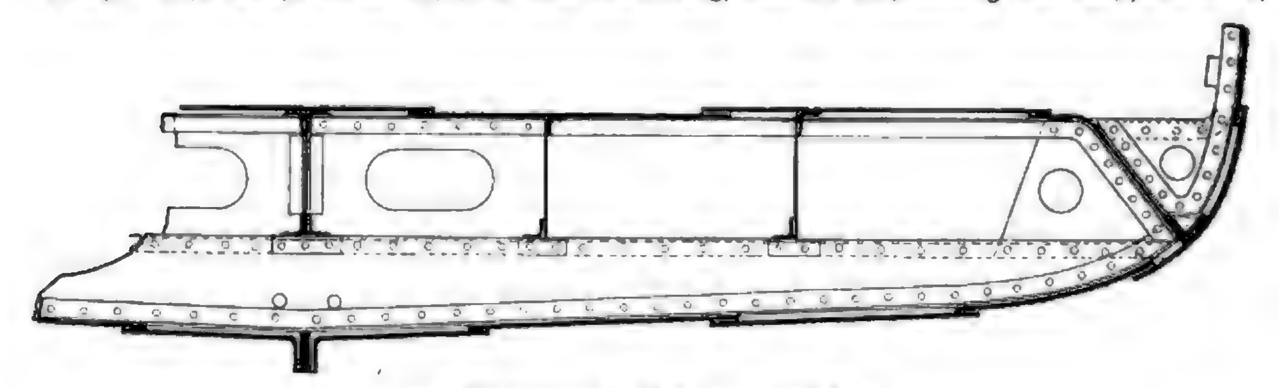
Den Abschluß des Spantrahmens nach oben bildet nun der Decksbalken, welcher überdies den Querverband vervollständigt. Derselbe wird aus Winkeleisen oder Bulbstahl ⊤ bezw. I- oder [-Stahl nach der Decksbucht kalt gebogen und mit den Querspanten durch angeschweißte Kniee oder dreieckige Stützbleche vernietet. Je nach der Höhe des Schiffsrumpfes verteilen sich die Balkenlagen auf verschiedene Decks, und dieselben werden meist mit Holz- oder Eisenbelag zum Stauen von Ladungen u. s. w. versehen. Bei den Handelsschiffen, bei welchen die Querspanten verhältnismäßig in enger Entfernung voneinander aufgestellt werden, 500 bis 700 mm, wird im allgemeinen nur jedes zweite Querspant mit einem Balken versehen. Bei den mit vollkommener eiserner Beplattung versehenen Decks erhält jedoch jedes Spant einen Balken von entsprechend schwächerem Profil.

Die einzelnen Teile der Querspanten wie Außen- und Innenspanten, Bodenwrangen und eventuell Decksbalken werden meist zu ebener Erde zusammengelegt und mit der Hand oder hydraulisch vernietet. Das Nieten erfolgt meist am Kopfe der Helling, und dann werden die einzelnen Spantrahmen, vom Hintersteven beginnend, ähnlich dem Holzschiffbau, in der vorgeschriebenen Entfernung voneinander auf dem Balkenkiel bezw. der horizontalen Kielplatte aufgerichtet. Diese Arbeitsweise ist zuerst in Schottland an der Clyde und im Norden Englands an der Tyne eingeführt worden. Sind die so gerichteten Spanten durch Stützen und Sentlatten festgesetzt, so kann auf der ganzen Schiffslänge mit dem Einbau der Längsträger innen, der Außenhautbeplattung außen vorgegangen werden.

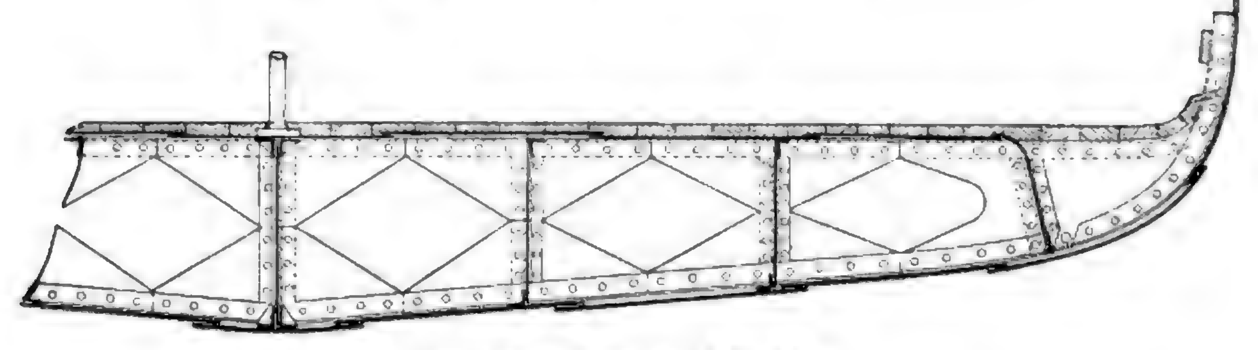
Die Längsträger bestehen in der Hauptsache aus der Kielverbindung und den Seiten- und Kimmkielschweinen, sowie aus den Decksstringern der einzelnen Decks. Als Kielverbindung verwendet man entweder den massiven oder einen aus der vertikalen Mittelkielplatte und zwei seitlichen Flacheisen zusammengenieteten Balkenkiel, an welchem die

gebörtelten Kielplatten befestigt werden, sowie den Flachkiel, welcher aus doppelten Kielplatten mit aufgebogenen Rändern besteht, welche durch doppelte Längswinkel mit der meist durchlaufenden Mittelkielplatte verbunden werden. Nach oben reicht die Kielverbindung bis an die Oberkante der Bodenwrange oder so weit über dieselbe hinaus, daß noch eine durchlaufende Trägerkonstruktion, Mittelkielschwein genannt, an derselben vernietet werden kann. Bei Verwendung eines massiven Balkenkieles fällt die Mittelkielplatte entweder fort, oder sie wird nur in kurzen Stücken — Interkostalplatten — zwischen den Bodenwrangen eingebaut. Die Seitenkielschweine werden meist in ähnlicher Weise gebaut mit an der Innenkante durchlaufendem Stringerwinkel. Das Kimmkielschwein besteht in der Regel aus zwei Rücken an Rücken vernieteten Winkeln, die mit den Gekehrtspanten durch kurze Winkelstücke vernietet werden.

Bei größeren Schiffen, bei welchen zur Aufnahme von Wasserballast, sowie zur Sicherung des Schiffes bei Grundberührungen meist ein Doppelboden vorgesehen wird, erfährt diese Konstruktion insofern eine Änderung, als die Beplattung des Doppelbodens,



688. Doppelboden mit Querspantensystem.

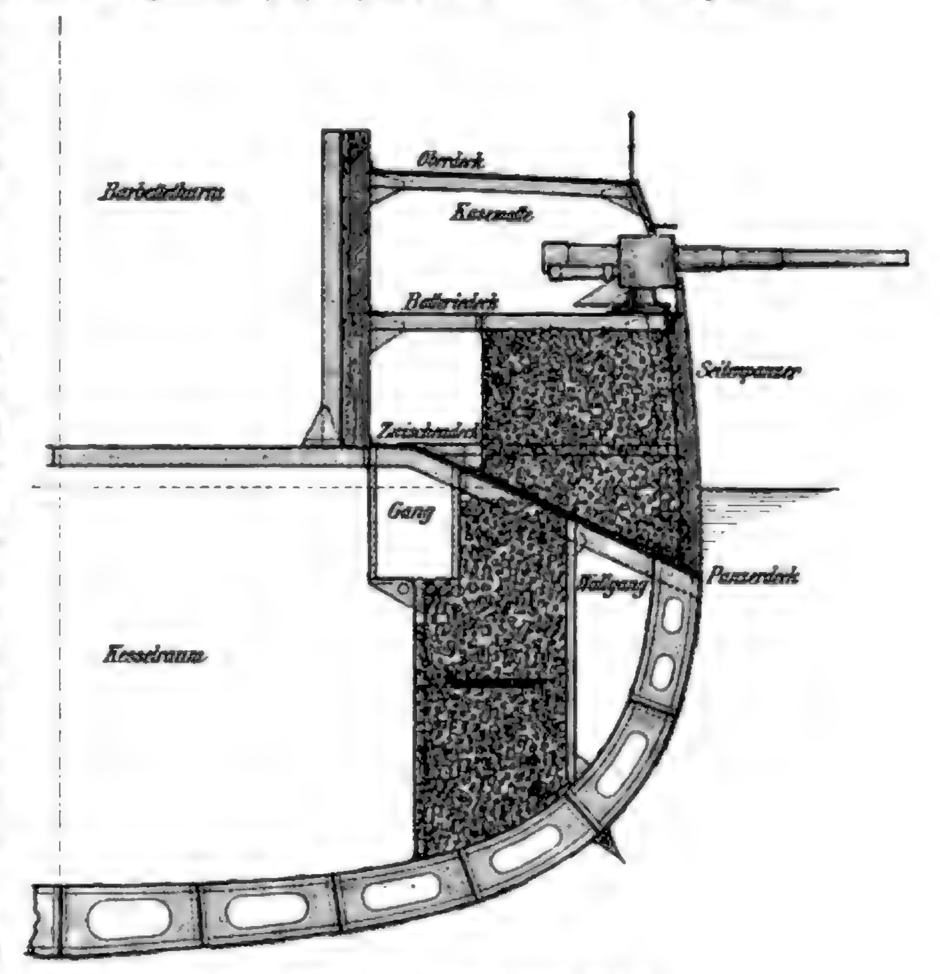


689. Doppelboden mit Zellensystem.

d. h. der innere Boden, als Verbandstück mit herangezogen wird. Es haben sich in der Hauptsache zwei Bauweisen herausgebildet. Bei der älteren ist das Querspantensystem beibehalten worden, und auf den Bodenwrangen sind Längsträger zur Stützung des inneren Bodens eingefügt. Zum wasserdichten Abschlusse des Doppelbodens durchschneidet die Seitenplatte sämtliche Querspanten, und der Querverband ist durch Stützbleche wieder hergestellt. Bei dem neueren sogenannten Zellen- oder Bracketplate-System wird der innere Boden mit der Außenhaut durch den Mittelkiel sowie durch eine größere Zahl von Längsspanten und die Seitenplatten des Doppelbodens verbunden, und auf diese Weise ein Kastenträger hergestellt, welcher die Festigkeit des Schiffsverbandes wesentlich erhöht. Die Längsspanten bestehen aus durchlaufenden von den Querspantwinkeln durchbrochenen Platten, welche mit der Außenhaut und dem inneren Boden durch kurze von Spant zu Spant reichende Winkelstücke verbunden werden, während sie mit den über die Breite des Doppelbodens ununterbrochen durchlaufenden Außen- und Innenspanten auf jedem zweiten Spant durch zwei Stützbleche — bracketplates — und vertikale Winkelstücke verstärkt sind. Die am Mittelkiel und an den Seitenplatten abstoßenden Stützbleche werden auf jedem Spant angeordnet. Außerhalb des Doppelbodens kommt das reine Querspantensystem in Anwendung. In den Maschinen- und Kesselräumen der transatlantischen Dampfer,

wo die Raumbalken fortfallen müssen, wird zur Verstärkung des Querverbandes ein Teil der Querspanten aus Blechen und Winkeln zusammengebaut — sogenannte Platten- oder Rahmenspanten — und diese werden durch entsprechend hohe Raumstringer miteinander verstrebt.

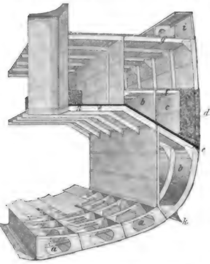
Das reine Längsspantensystem läßt die Längsverbindungen des Schiffsrumpfes gegenüber den Querverbindungen noch mehr in den Vordergrund treten, als das Zellen- oder Bracketplate-System im Doppelboden der Schiffe. Die Zahl der durchlaufenden Längsspanten wird vermehrt und die Anordnung derselben in Verbindung mit dem inneren Boden auch über die Kimm hinaus auf die untere Seitenwandung des Schiffes erweitert, während die Querspanten in etwa doppelt so großer Entfernung voneinander gesetzt werden. Bei den Kriegsschiffen, in der Hauptsache Panzerschiffen, kommt das Längsspantensystem für den unteren Teil des Schiffsrumpfes vom Kiel bis zum Panzerträger zur Anwendung, während oberhalb des letzteren der Schiffsrumpf nach dem Querspantensystem erbaut wird. Zur Seite des meist wasserdicht hergestellten Mittelkieles werden fünf bis sechs Längsspanten von 1,0 bis 1,5 m Höhe in Entfernungen von 1,5 bis 3,0 m voneinander angeordnet. Das oberste Längsspant dient zugleich als Panzerträger zur Unterstützung des Gürtelpanzers. In England und Deutschland ist es Gebrauch, sämtliche Längsspanten von vorn bis hinten ununterbrochen durchzuführen und nur für die Winkel der Querspanten auszuschneiden. Die Querspanten erhalten zwischen den Längsspanten entweder volle oder mit Erleichterungslöchern versehene Platten oder auch zwei einzelne Stützbleche, welche mit den Spantwinkeln und den Längsspanten verbunden werden. In Frankreich läßt man vielfach nur die wasserdichten Längsspanten, also neben dem Mittelkiel die Längsspanten 3 bezw. 4, und den Panzerträger ununterbrochen durchlaufen, während die übrigen in kurzen Stücken von Querspant zu Querspant reichen. Dafür laufen die Querspanten, welche aus den beiden Spantwinkeln und einem mit Erleichterungsöffnungen versehenen Verbindungsblech bestehen, vom Mittelkiel bis zum Längsspant 3 bezw. 4 und von dort bis zum Panzerträger ununterbrochen durch. Neben den wasserdicht durchgeführten Längsspanten, dem Mittelkiel, dem Längsspant 3 und dem Panzerträger wird nun fast jedes vierte bis sechste Querspant wasserdicht hergestellt, so daß zwischen Außenhaut und innerem Boden ein verzweigtes Zellensystem entsteht, welches bei Grundberührungen und bei Kriegsschiffen für den Torpedoangriff die Sicherheit des Schiffes erheblich vermehrt. Gegen die Sprengwirkung der Torpedos werden ferner an den Schiffsseiten, vom inneren Boden bis zum Panzerdeck reichend, ein bis zwei Wallgänge durch entsprechende wasserdichte Längsschotte hergerichtet und im übrigen durch eine große Zahl von Querschotten



690. Hauptspant eines Panzerschiffes.

und stählernen Decks bezw. Plattformen eine weitere Trennung der Räume in wasserdichte Abteilungen angestrebt.

Während nun das Doppel- oder Zellensystem mit seinen zahlreichen Längsträgern gewissermaßen die untere Gurtung des als Träger gedachten Schiffsrumpfes bilden, werden im Oberschiffe die Beplattungen der Decks sowie die oberen Plattengänge der Außenhaut so weit verstärkt und derart miteinander verbunden, daß sie als obere Gurtung des Schiffsträgers zur Geltung kommen. Man wendet daher auf dem Oberdeck starke Stringerplatten oder bei größeren Schiffen vollkommen beplattete eiserne Decks an, welche mit den starken Schergängen der Außenhaut durch schwere durchlaufende Stringerwinkel verbunden werden. Die Spantwinkel stoßen, um die Stringerplatten des Oberdeckes nicht zu schwächen und zugleich den wasserdichten Abschluß desselben zu erleichtern, meist unterhalb des Oberdeckes ab, während bei den unteren Decks die Stringerplatten zur Durchführung der Querspanten Ausschnitte erhalten.



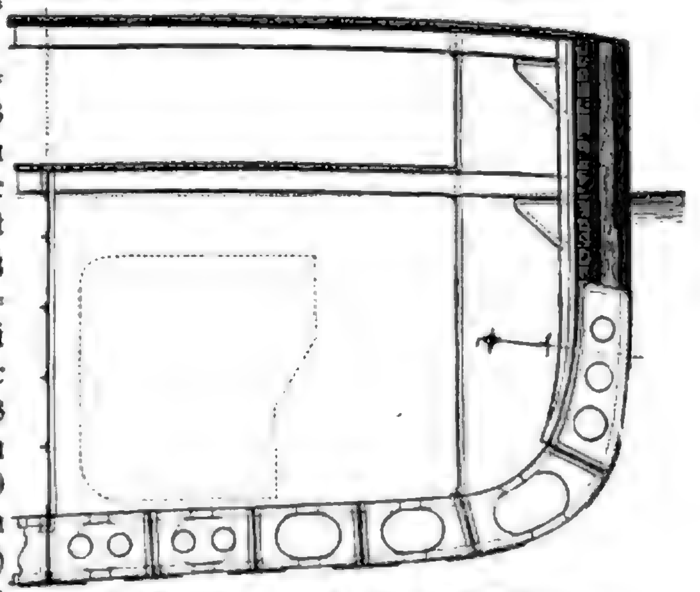
691. Querschnitt eines Panzerdeckkreuzers.

a Doppelboden, b Kohlenbunker, c Kofferdamm, d Korkdamm, e Panzerdeck, f Zwischendeck, g Oberdeck, h Korkfüll, i Finknetzkasten, k Schlingerkiel.

Die im Unter- und Oberschiffe durch das Doppelbodensystem einerseits und das stählerne Oberdeck in Verbindung mit den verstärkten Schergängen anderseits gebildeten Gurtungen, welche die beim Arbeiten des Schiffes in See abwechselnd auftretenden Zug- und Druckspannungen aufzunehmen haben, werden nun durch die stählerne Außenhautbeplattung, deren Hauptzweck in dem wasserdichten Abschlusse des Schiffsrumpfes nach außen besteht, zur Übertragung der Schubspannungen verbunden. Die Außenhautbeplattung muß daher derart gebaut werden, daß sie einesteils einen soliden, wasserdichten Abschluß bildet, anderenteils jedoch auch im stande ist, die Schubspannung von einer Gurtung zur anderen zu übertragen. Zugleich wird sie so ausgebildet, daß sie in ihren unteren und oberen Teilen zur Verstärkung der Gurtungen beiträgt. Die Außenhaut besteht aus längsschiffs laufenden Plattengängen, welche durch Überlappung derart miteinander vernietet werden, daß abwechselnd ein Gang auf den Spanten anliegt, der andere auf den anliegenden Gängen aufliegt. Es entstehen so an- und abliegende Gänge. Der Raum zwischen den Spanten und den abliegenden Gängen wird durch schmale Plattenstreifen ausgefüllt; nur bei den wasserdichten Querschotten werden diese Streifen verbreitert, um den durch die doppelte wasserdichte Nietreihe der Schottwinkel geschwächten Querschnitt der Außenhautplatten entsprechend auszugleichen. Der Verlauf der einzelnen Plattengänge, der sogenannte Plattenstrake, richtet sich nach der Schiffsform, da man auf eine praktische Arbeitsmethode Bedacht nehmen muß, den Platten möglichst nur nach einer Richtung eine Krümmung zu geben. Im Vorder- und Hinterschiff werden meist, ähnlich wie bei der hölzernen Beplankung, verlorene Gänge vorgesehen. Die Stöße der Außenhautplatten müssen mit denen der benachbarten Hauptlängsverbände des Schiffes gut verschließen; sie erhalten meist innen liegende Stoßplatten mit doppelter oder dreifacher Nietung. Bei den neueren Schnelldampfern werden die Platten eines Ganges durch überlappte Nietung verbunden; zu diesem Zwecke wird das hintere Ende der vorderen Platte abgebogen und überlappt das entsprechend nach

innen gebogene und auf die Breite der Längsnähte zugeschärfte vordere Ende der nächsten Platte.

Die Stärken der einzelnen Außenhautgänge sind nicht durchweg gleich. Der Kielgang sowie der Schergang erhalten zur Verstärkung der Gurtungen die größten Dicken und werden bei großen Schiffen meist gedoppelt. Neben diesen Gängen erfordern die Kimmgänge wegen ihrer exponierten Lage, sowie die Gänge in der Nähe der neutralen Achse wegen der dort am bedeutendsten auftretenden Schubspannung eine Verstärkung gegenüber den übrigen Gängen. Die Verbindung der Außenhautplatten mit den Steven muß besonders sorgfältig ausgeführt werden. Das Anbringen der Beplattung erfolgt, am Kiel beginnend, zuerst mit den anliegenden Gängen, auf welche alsdann fortschreitend die abliegenden Gänge befestigt werden. Das Übertragen der Nietlöcher von den Spanten und Längsverbindungen, sowie von den Nietreihen der Überlappung der Längsnähte der anliegenden Gänge auf die zu bearbeitenden Platten erfolgt durch Lattenmodelle. Der wasserdichte Abschluß der Außenhaut erfolgt durch Verstemmen der Längsnähte und Stöße von außen meist mit der Hand, neuerdings vielfach unter Zuhilfenahme eines pneumatischen Hammers. Für das Stemmen müssen die Platten an den Stößen und die abliegenden Gänge an den Längsnähten gehobelt werden.

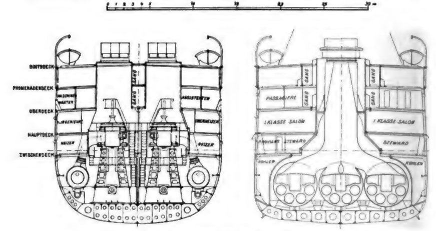


692. Hauptspant der deutschen Ausfallpanzerkorvette „Sachsen".

Der Belag der einzelnen Decks besteht entweder aus Holzplanken oder aus einer stählernen Beplattung, im besonderen bei größeren Schiffen. Letztere wird zur Erzielung einer bequemeren Gangbarkeit meist noch mit Deckplanken belegt, so daß das stählerne Deck vorzugsweise zur Verstärkung des Längsverbandes dient. Bei den hölzernen Decks ordnet man auf der Stringerplatte oder der Randplatte des Stahldeckes einen Wasserlauf an, indem man in einer Entfernung von etwa 300 bis 400 mm von dem Stringerwinkel einen Wasserlaufswinkel auf dem Stringerblech vernietet, gegen welchen die Decksplanken abstoßen. Der Wasserlauf wird meist auszementiert und erhält in jeder wasserdichten Abteilung mindestens ein Loch, das Speigatt, an welches sich besondere Speigattrohre anschließen, die das Leck- und Spülwasser durch die Schiffswand hindurch nach außenbords leiten. Das Belegen der Decksbalken mit Decksplanken, das Verstreben der Decksbalken durch Längs- und Diagonalbänder erfolgt in gleicher Weise wie beim Holzschiffbau. Die Stöße der Decksplanken werden stets auf einem Balken angeordnet, und werden unter denselben kurze Plattenstreifen vorgesehen. Die Nietung der eisernen Decks, welche keine Holzbeplankung erhalten, wird stets oben glatt ausgeführt, und die Naht- und Stoßstreifen liegen unterhalb der Beplattung. Das Oberdeck erhält meist ein stählernes Schanzkleid in einer Höhe von 600 bis 1400 mm je nach der Größe des Schiffes. Dasselbe bildet keinen Verbandteil des Schiffsrumpfes und besteht daher nur aus dünnen, 4- bis 6-mm-Blechen, welche an den oberen Kanten meist mit einer profilierten Relingleiste garniert sind und nach dem Oberdeck zu durch geschmiedete Relingstützen abgestrebt werden. Bei Kriegsschiffen wird das Schanzkleid meist zum Bau der kastenförmigen Finknetzkasten verwertet.

Von besonderer Wichtigkeit für die aus Eisen oder Stahl erbauten Schiffe mit Bezug auf ihre Sicherheit und Schwimmfähigkeit auf See ist die Teilung des Schiffsrumpfes durch eiserne Zwischenwände — sogenannte wasserdichte Schotte — in eine möglichst große Anzahl wasserdichter Abteilungen. Man bezweckt hiermit bei größeren Havarien, durch Kollisionen mit anderen Schiffen oder bei Grundberührungen zu er-

reichen, daß durch das entstandene Loch nur ein kleiner Teil des Schiffsraumes voll Wasser laufen kann, so daß das Schiff sich über Wasser halten läßt. Bei den Schiffen der Kriegsmarine hat man diese Teilung so weit getrieben, daß in gewissem Grade eine Unsinkbarkeit erzielt wird, wenn die wasserdichten Schotte nur so weit Öffnungen erhalten, daß eine sichere und schnelle Schließung derselben durch Thüren im Ernstfalle gesichert ist, da die Gefahr des Sinkens durch den Rammstoß oder den Torpedoangriff des Gegners sich erheblich steigert. Bei den Fracht- und Schnelldampfern der Handelsmarine, bei welchen diese Frage mit Bezug auf die Sicherheit von Schiffsbesatzung und Ladung von gleicher Wichtigkeit ist, bringt die Vermehrung der wasserdichten Schotte den Nachteil mit sich, daß die Laderäume verkleinert werden und dementsprechend sich das Ein- und Ausladen der Ladung verteuert, abgesehen von der kostspieligen Bauweise und der Gewichtsvermehrung des Schiffsrumpfes. Es hat daher große Schwierigkeiten, bindende Vorschriften über die geringste Teilung des Schiffskörpers in wasserdichte Abteilungen zu erlassen, um die Leistungsfähigkeit der gewöhnlichen Frachtdampfer und der



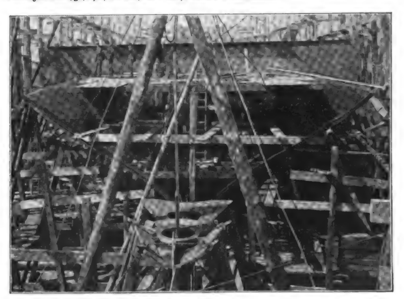
693 u. 694. Querschnitt durch den Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm der Große".

eisernen Segelschiffe nicht zu beeinträchtigen. Dagegen hat man für Passagierdampfer auf großen Fahrten wie z. B. für die Schnelldampfer und Subventionsdampfer des Norddeutschen Lloyd die Forderung aufgestellt, daß die Einteilung in wasserdichte Abteilungen derart erfolgen muß, daß die Unsinkbarkeit des Schiffes gesichert ist, wenn irgend zwei benachbarte Abteilungen überflutet werden. Es kennzeichnet dies den ungünstigsten Fall einer Kollision, bei welcher gerade ein wasserdichtes Schott getroffen ist, so daß die Räume zu beiden Seiten dieses Schottes vollaufen können, ohne das Schiff manövrierunfähig zu machen. Von den Querschotten sind die an den Schiffsenden gelegenen von besonderer Wichtigkeit, da dieselben bei Kollisionen und Grundberührungen, wodurch die Schiffsenden am leichtesten beschädigt werden, das Eindringen von Wasser in die Laderäume verhüten. Sie heißen daher auch allgemein Kollisionsschotte. Ferner sind die Querschotte, welche die Maschinen- und Kesselräume von den Laderäumen trennen, von Bedeutung. Sämtliche Querschotte müssen naturgemäß um ein Beträchtliches über die Wasserlinie hinausragen, damit sie auch dann noch von Wirksamkeit sind, wenn bei Überflutungen einzelner Abteilungen das Schiff wesentlich tiefer gesunken ist.

Neben der Vermehrung der Sicherheit der Schiffe tragen die wasserdichten Schotte auch wesentlich zur Stärkung des Schiffsverbandes bei, teils zur Aufnahme lokaler Be-

Digitized by Google

anspruchungen, teils zur Sicherung des Quer- und Längsverbandes. Die Schotte werden in erster Linie wasserdicht hergestellt und derart versteift, daß sie einen Wasserdruck bis etwa 1 m über die Konstruktionswasserlinie ohne dauernde Durchbiegungen ertragen können, in zweiter Linie müssen sie auch im stande sein, die mannigfachen Druck-, Zug- und Schubspannungen aufzunehmen und zu übertragen. Die Querschotte bestehen meist aus horizontal angeordneten, stumpf aneinanderstoßenden Plattengängen von 10—5 mm Dicke, welche mit der Außenhaut durch doppelte Spantwinkel wasserdicht vernietet sind. Als Nahtstreifen und zur Versteifung dienen ⊥ Stähle, während auf der anderen Seite vertikale Versteifungswinkel oder Z Stähle in Entfernungen von 700—800 mm angeordnet werden. Die Anwendung von gewellten Schotten, die leichter und fester sind, ist nur vereinzelt durchgeführt, da dieselben mehr Raum beanspruchen.



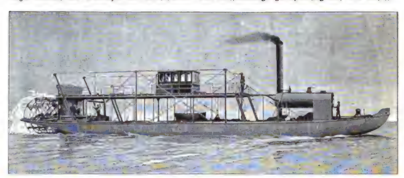
695. Achterschiff eines im Bau begriffenen Linienschiffs mit Kollisionsschott.
Nach „Engineering".

Den bedeutenden Vorzügen der wasserdichten Schotte stehen jedoch auch einige Nachteile gegenüber. Durch die Trennung der einzelnen Räume durch Schotte wird der Betrieb der gesamten Maschinen- und Kesselanlage im besonderen bei größeren Schiffen sowie die Verbindung zwischen den einzelnen Räumen sehr erschwert, so daß man in einzelnen Schotten Öffnungen mit wasserdicht schließenden Thüren nicht umgehen kann. Dieselben sind jedoch derart konstruiert, daß sie sowohl vom Raume aus, als auch von einem höher gelegenen Deck aus zwangsläufig geschlossen werden können. Auf den Schnelldampfern sind in dem Längsschnitt zwischen den beiden Maschinenräumen meist Fallthüren in Gebrauch. Um beim Herannahen einer Kollisionsgefahr schnell und sicher von einer Stelle aus auf mechanischem Wege sämtliche unterhalb der Wasserlinie gelegenen Schottthüren schließen zu können, ist neuerdings ein Patent erteilt, nach welchem das Schließen der Thüren unter Zuhilfenahme von flüssiger Kohlensäure als treibende Kraft erfolgt, welche durch einen elektrischen Strom zum Überströmen in einen Cylinder veranlaßt wird, dessen Kolben direkt oder mittels Zahnstange auf die Thür wirkt.

Digitized by Google

Die Gliederung des Schiffsrumpfes in wasserdichte Abteilungen hat neuerdings durch die Einführung von Petroleum-Tankdampfern zum Transport von Petroleum ohne Gebinde besondere Bedeutung insofern gewonnen, als die Ausführung von öldichtem Werk besondere Bauweisen nötig gemacht hat, da das Petroleum durch Auflösen des Rostes und der Dichtungsmaterialien die für Wasser gebräuchlichen Dichtungen beseitigt. Es muß daher bei Tankdampfern darauf geachtet werden, daß die Scheidewände der Behälter, welche meist aus einem Mittellängsschott und einer größeren Zahl von Querschotten bestehen, nicht durch andere Bauteile durchbrochen werden. Auch wird die Außenwand wegen der fortfallenden Raumbalken durch Rahmenspanten und hohe Seitenstringer derart versteift, daß die Außenhautnieten für die Längsfestigkeit möglichst entlastet werden und die Öldichtigkeit gewahrt bleibt. An die Endquerschotten schließt sich meist ein schmaler Sicherheitsraum an, welcher mit Wasser gefüllt gefahren wird, um etwaiges Lecköl, namentlich von dem im Hinterschiff gelegenen Kesselraume abzuhalten.

Zu den vorstehend erörterten Verbandteilen des Schiffsrumpfes treten nun bei Dampfschiffen die Maschinen- und Kesselfundamente, die Wellenlager und die Wellentunnel für Schraubenschiffe sowie die Radkästen mit den Radkastenbalken für Radschiffe hinzu, welche dazu dienen, die Gewichte der Maschinen- und Kesselanlage gleichmäßig auf den Schiffs-



696. Hinterraddampfer. Nach „Engineering".

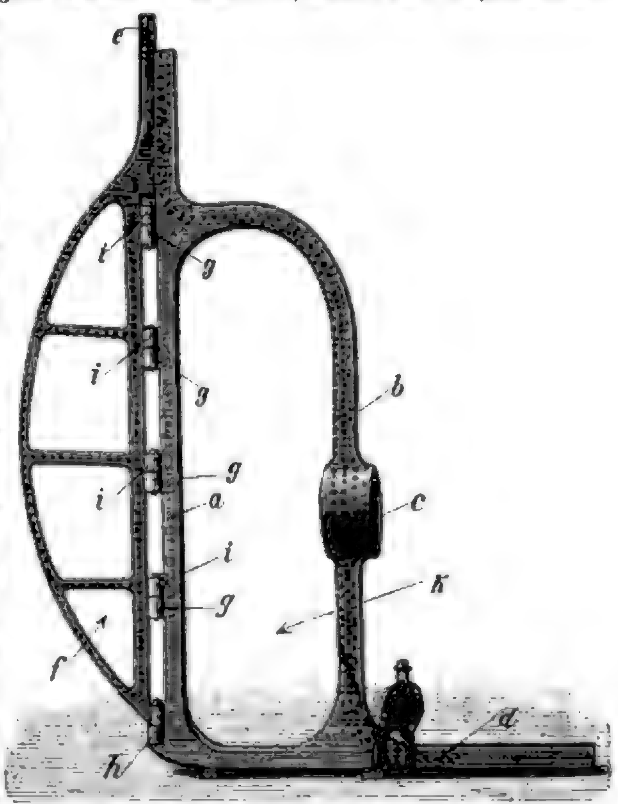
rumpf zu übertragen und die Reaktionen der hin- und hergehenden Massen der Maschine aufzunehmen. Bei den flachgehenden Hinterraddampfern für Flüsse werden zur Erhöhung des Längsverbandes, da die schweren Gewichte von Kessel und Maschine meist an den Enden wirken, besondere Sprengewerke auf dem Deck an beiden Bordseiten aufgestellt (Fig. 696).

Während die vorstehend erörterten Verbandteile des stählernen Schiffsrumpfes durchweg aus Walzmaterial und zwar aus Blechen, Winkel- und Profilstählen gebaut und durch Nietung zu einem Ganzen vereinigt werden, zeigen die Steven des Schiffes insofern eine besondere Bauweise, als sie entweder aus einem durch Schweißung hergestellten größeren Schmiedestück oder aus einem Stahlgußstück bestehen. Der Hintersteven bildet vor allem ein besonders kompliziertes Werkstück und ist insofern von besonderer Wichtigkeit, als er dazu bestimmt ist, die Schiffswelle mit Schraube zu lagern und zu tragen, sowie das Ruder in seinen Befestigungsteilen zu stützen. Bei Einschraubenschiffen verwendet man zwei Steven, den Schraubensteven und den Hintersteven, welche durch Stege zu einem Rahmen, dem Schraubenrahmen, zusammengeschweißt werden. Der Schraubensteven erhält in der Wellenachse eine Anschwellung zur Durchführung des Stevenrohres nebst Welle, während der Rudersteven entsprechende Ansätze — Ösen — für die Ruderfingerlinge besitzt. Der Hintersteven sowie der Kielsteg werden mit der Außenhaut und den Decks durch Nietung bezw. Schrauben verbunden.

Bei den Zweischraubenschiffen bietet die solide Lagerung der Wellenenden mit den Schrauben in den Schraubenböcken besondere Schwierigkeit, da einesteils beim Versacken

Digitized by Google

der Böcke leicht Wellenbrüche entstehen können, anderenteils durch die Vibrationen der Schrauben die Befestigung der Schraubenböcke am Schiffskörper sich lockern kann. Der Zusammenbruch der Steuerbordmaschine des Schnelldampfers der Inman-Linie, „City of Paris“ wird auf ein Versacken und darauf folgenden Bruch der Welle zurückgeführt. Die Schraubenböcke werden meist aus Stahlguß gefertigt. Der untere Arm wird mit dem entsprechend nach vorn verlängerten und mit horizontalen Rippen versehenen Kielstück des Hinterstevens verschraubt, während der obere Arm mittels Flansch oder durch Winkelstücke an der Außenhaut befestigt wird. Die Naben der Schraubenböcke erhalten eine mit Pockholzfütterung versehene metallene Buchse zur Lagerung der Schraubenwelle. Bei den neueren transatlantischen Dampfern werden die Schrauben mit ihren Wellen so nahe am Schiffsrumpf gelagert, daß die Außenhautbeplattung um das Wellenrohr und die Wellenböcke herumgeführt werden kann, so daß die ganze Welle innenbords zu liegen kommt. Die Kreisflächen der Schraubenflügel überschneiden sich dann, und der Schiffsrumpf erhält zu diesem Zweck eine entsprechende Öffnung ähnlich dem Schraubenrahmen der Einschraubenschiffe, deren Umrahmung mit dem Hintersteven aus einem Stück besteht. Der Hintersteven sowie der Rahmen für das Ruder werden allgemein aus Stahlguß gefertigt wegen der komplizierten Form derselben und bei größeren Steven aus mehreren Teilen zusammengebaut. Man ist dabei zu ganz gewaltigen Gewichten gestiegen. So wiegt z. B. der gußstählerne Hintersteven nebst Schraubenböcken des Riesendampfers „Oceanic“ 120 t, während das Ruder mit Ruderblatt ein Gewicht von 47 t aufweist.



697. Hintersteven mit Steuerruder.
a Rudersteven, b Hinter- oder Schraubensteven, c Wellennabe, d Kielstück, e Ruderspindel oder Herz, f Ruderrahmen, g Ruderösen, h Fußzapfen, i Fingerlinge, k Schraubenöffnung.

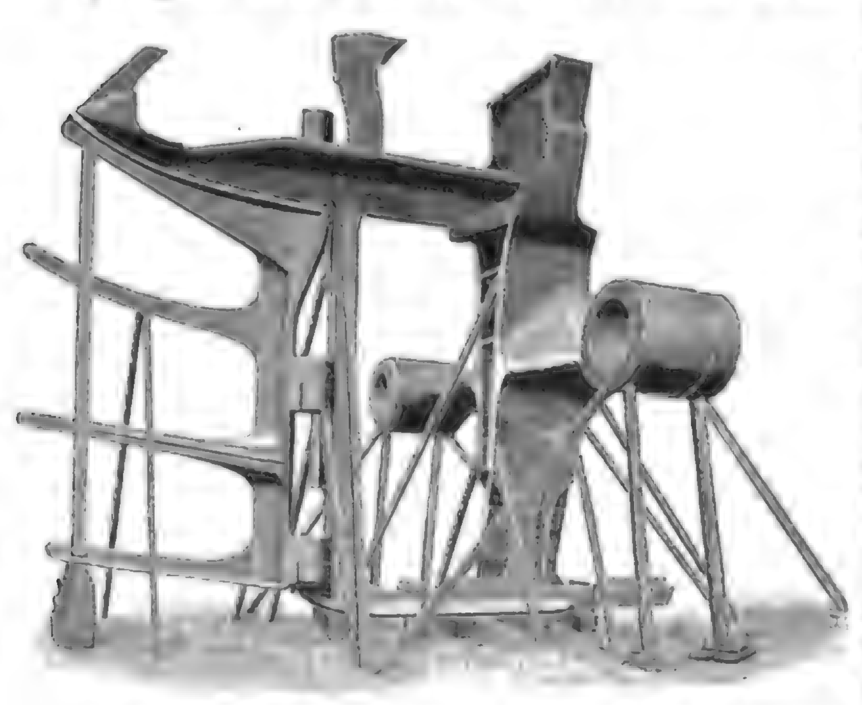
Der Vorsteven bildet auf den Schiffen der Handelsmarine ein einfacheres Schmiedestück, welches meist aus Flacheisen gebogen bezw. geschweißt und mit dem Balkenkiel oder der Mittelkielplatte durch Laschung verbunden wird. Für Kriegsschiffe, bei denen der Vorsteven wegen des Rammsporns eine besondere Bedeutung besitzt und wegen der Sponung für den Panzergürtel eine unregelmäßige Form erhalten muß, verwendet man als Material vorzugsweise Stahlfaçonguß.

Die Bestimmung der Materialstärken der einzelnen Verbandteile der Handelsschiffe sowohl im Holzschiffbau als auch im Eisen- und Stahlschiffbau erfolgt im allgemeinen nach bestimmten Regeln und Tabellen, welche von den Schiffsklassifikations-Gesellschaften — Englischer Lloyd, Germanischer Lloyd und Bureau Veritas — nach praktischen Erfahrungen und theoretischen Untersuchungen aufgestellt sind. Die Abmessungen der Querverbände werden hiernach von der Breite und Tiefe des Schiffes bezw. dem Umfang des Hauptspants, diejenigen der Längsverbände jedoch von der so erhaltenen Quernummer mal Schiffslänge abgeleitet. Da jedoch die Zahl der Handelsschiffs-Typen infolge der verschiedenen Vermessungs- und Freibordbestimmungen eine sehr große ist, so sind die Vorschriften diesen entsprechend modifiziert. Es handelt sich hierbei in der Hauptsache um die Anordnung, Höhenlage über Wasser und Materialstärke der oberen Decks und der Decksaufbauten.

Man unterscheidet zunächst Schiffe mit glattem Deck, mit Quarterdeck und mit Poopdeck oder Kampagne, und diese Schiffstypen können in Verbindung mit einem Brückendeck und einer Back die verschiedensten Formen annehmen. Haben die Glattdeckschiffe ein bezw. zwei vollständige Decks und eine Lage Raumbalken oder zwei bezw. drei vollständige

Decks, so nennt man sie Zwei- bezw. Dreideckschiffe. Wird das Oberdeck mit einem leichten Aufbau über die ganze Schiffslänge versehen, so entsteht das Hurricane- oder Awningdeckschiff sowie das Spardeckschiff. Das Quarterdeck verdankt seine Entstehung dem Umstande, daß durch die Wohnräume sowie den Wellentunnel der hintere Laderaum im Verhältnis zum vorderen zu klein wurde. Man fügte daher zur Unterbringung der Besatzung mittschiffs ein Brückendeck und vorn eine Back hinzu, und so entstand für Dampfer mittlerer Größe ein sehr brauchbarer Typ mit Bezug auf die Ladefähigkeit des Schiffes. Mit Bezug auf die Verbandstärke zeigten diese Schiffe jedoch erhebliche Mängel, ebenso erwies sich die zwischen Back und Brückendeck befindliche Einsenkung bei Übernahme von Seen als sehr gefährlich. Wird das Hinterschiff um eine volle Deckshöhe höher gebaut, wie das Oberdeck, so nennt man diesen Aufbau Poop oder Kampagne.

Ist der Schiffsrumpf mit seinen bisher besprochenen Verbandteilen auf der Helling zusammengebaut und vernietet und sind alle auf Wasserdichtigkeit gearbeiteten Bauteile sorgfältig verstemmt, so kann das Schiff seinem Element übergeben werden, d. h. es kann der **Ablauf** vorbereitet werden. Während der Stapellauf der Holzschiffe bei dem verhältnismäßig geringen Gewicht des Schiffskörpers mit ziemlich primitiven Mitteln erfolgen konnte, hat sich das Ablaufsgewicht für die stählernen Schiffe, im besonderen für die transatlantischen Schnelldampfer und Panzerschiffe im Laufe der Zeit derart gesteigert — die „Oceanic" besaß ein Ablaufsgewicht von 10 700 Tonnen — daß kostspielige und wohldurchdachte Einrichtungen getroffen werden müssen, um das Schiff ohne Beschädigungen und Unfall zu Wasser zu bringen.



698. Hintersteven des Schnelldampfers „Campania" mit Schraubenböcken. Nach „Zeitschrift d. Ver. d. Ingen."

Der Stapellauf größerer Schiffe erfolgt meist auf zwei Ablaufsbahnen, welche parallel zum Kiel des Schiffes in einer Entfernung von 3—4 m von demselben auf der Helling verlegt werden. Auf diesen Bahnen, welche am Tage vor dem Ablauf mit Seife und Talg geschmiert werden, wird je ein aus starken Balken zusammengebauter Läufer gelagert, welcher der Höhe nach aus zwei Teilen besteht. Die obere Hälfte wird am Morgen des Ablaufs durch Keile gleichmäßig derart unter dem Boden des Schiffes aufgetrieben, daß das Schiff sich von den Kielstapeln abhebt und allein auf den beiden Läufern zu ruhen kommt. Die Läufer sind miteinander durch Taue, Ketten oder Bandeisen stark verbunden und bilden zusammen den sogenannten Ablaufsschlitten, welcher durch Taue oder Stahltrossen derart mit dem Schiffsrumpf verbunden ist, daß er sich mit demselben ins Wasser bewegen muß. Da nun nach dem Aufkeilen des Schlittens die Gefahr besteht, daß das Schiff mit dem Schlitten frühzeitig ins Wasser gleitet, so müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, um den Schlitten auf der geneigten Bahn festzuhalten und ihn im gegebenen Zeitpunkt, d. h. nach Vollziehung der Taufe, freizugeben. Früher verwendete man hierzu sogenannte Wippen, hölzerne Streben, welche die Läufer gegen den Boden der Helling abstützten und im gegebenen Moment weggeschlagen wurden. Neuerdings kuppelt man die Läufer an eine am Kopf der Helling quer gelagerte Daumenwelle, welche durch Festhalten eines auf derselben aufgekeilten Armes gegen Drehung gesichert ist. Wird der Arm frei ge-

geben, so drehen die nach unten drängenden Läufer die Welle und kommen frei von den Daumen. Bei der „Oceanic" wurde der Arm der Welle durch eine hydraulische Presse gehalten (Abb. 700). Neben diesen Sicherheitsvorkehrungen sind nun ferner Einrichtungen zu treffen, um das Schiff, sobald es die Helling verlassen hat, im Wasser aufzustoppen, damit es namentlich bei engen Flußläufen nicht auf das gegenüber liegende Ufer aufläuft. Man verwendet hierzu schwere Ketten, welche durch Stroppen derart gezurrt sind, daß auf alle 2—3 m der Kette ein Stropp reißen muß, ehe dieselbe mitläuft. Zuweilen befestigt man am Ende der Kette statt eines schweren Ankers einen Holzkeil, welcher beim Steifwerden der Ketten zwischen zwei horizontal gelagerte und solide verstrebte Balken hindurchgezogen werden muß. Auch finden Stopperflöße Verwendung, welche das Schiff im Wasser aufrechtstehend nachschleppen muß.

699. Der Schnelldampfer „Oceanic" vor dem Stapellauf.

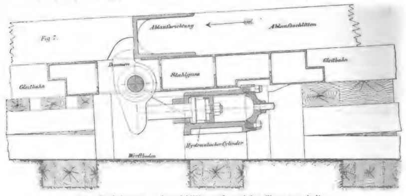
Nach dem Stapellauf beginnt nun in der Hauptsache der Einbau der Maschinen- und Kesselanlage sowie der Hilfsmaschinen mit den erforderlichen Dampfrohrleitungen, Kabeln u. s. w., die Aufstellung der gesamten Wohn- und Kammereinrichtungen, die Fertigstellung der Bemastung nebst Takelage und bei Kriegsschiffen das Anbringen der Panzerung und die Aufstellung der Geschütz- und Torpedoarmierung. Zum Anbordbringen der schweren Teile bedient man sich besonderer Kräne mit veränderlicher Ausladung, die teilweise am Kai, teilweise als Schwimmkran auf einem Ponton errichtet sind.

Infolge der steten Steigerung der Deplacements der Schiffe erreichen die einzelnen Ausrüstungsgegenstände, wie das Ruder, die Ankereinrichtung, derartige Abmessungen und Gewichte, daß die Bedienung derselben mit Handkraft nur in Ausnahmefällen durchführbar ist. Man sucht daher bei der zur Verfügung stehenden Dampfkraft die Handarbeit in ausgiebigster Weise durch Maschinenkraft zu ersetzen, und so hat sich die Zahl der Hilfsmaschinen an Bord der Schiffe bedeutend gesteigert. Man verwendet sie überall auch für kleine Leistungen, um an Zeit und Personal zu sparen, und man ist neuerdings

Digitized by Google

neben dem Dampfbetrieb auch auf elektrischen und hydraulischen Antrieb rer Hilfsmaschinen übergegangen.

Von besonderer Bedeutung ist der Dampfsteuerapparat geworden zur Bethätigung des Ruders. Abgesehen davon, daß durch das schnellere Legen des Ruders die Manövrierfähigkeit des Schiffes erheblich gesteigert wird, indem der Drehkreis ein kleinerer wird und die Zeit zum Durchlaufen desselben sich verkürzt, so ermöglicht der Dampfsteuerapparat es, daß selbst bei den größten Schiffen ein Mann allein im stande ist, das Ruder bei voller Fahrt des Schiffes, d. h. also bei den großen Schnelldampfern und Kriegsschiffen bei 18 bis 20 Knoten Geschwindigkeit, von hart Bord nach hart Bord in etwa 20 bis 30 Sekunden zu legen. Für den Handbetrieb sind hierzu etwa 12 bis 16 Mann erforderlich, welche das Ruder nur mit äußerster Kraftanstrengung denselben Weg in etwa 2 bis 3 Minuten bewegen können. Die Dampfsteuermaschine wird meist im Hinterschiff in der Nähe der Ruderpinne oder des Ruderjochs, bei Kriegsschiffen möglichst geschützt hinter Panzerschutz, aufgestellt, und dieselbe wirkt mittels Ketten, Schrauben- oder Räder-



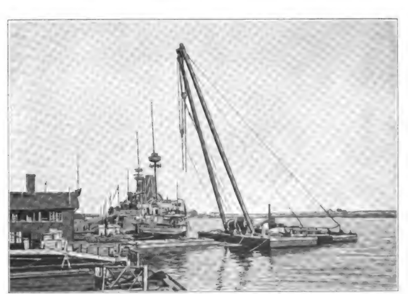
700. Vorkehrung, um den Schlitten auf geneigter Ebene zu erhalten.

getriebe auf die Ruderspindel bezw. die Pinne ein. Das Konstruktionsprinzip der Dampfsteuerapparate besteht darin, daß die Handhabung derselben mittels Steuerrades in derselben Weise wie beim Steuern mittels Handkraft erfolgt. Die Steuerung des Dampfsteuerapparates ist dementsprechend so eingerichtet, daß sie der Maschine nur so lange Dampf zuführt, als das Handrad gedreht wird, und daß die Maschine verschieden umläuft, je nachdem das Handrad rechts oder links herumgedreht wird. Um dem Steuermann Aufschluß über die jeweilige Ruderlage zu geben, ist mit dem Handrad stets ein Axiometer verbunden. Außerdem ist eine Hemmvorrichtung vorhanden, welche die Dampfmaschine zum Stillstand bringt, sobald das Ruder die Hartbordlage erreicht hat. Das Handrad steht meist auf der Kommandobrücke oder in einem besonderen Steuerhaus auf derselben, und von hier geht zum Dampfsteuerapparat eine besondere Wellenleitung zur Bethätigung des Schiebers der Maschine. Bei sehr großen Übertragungsentfernungen wird es meist erforderlich, um die Kraft zum Drehen des Handrades und der mit demselben verbundenen Wellenleitung gering zu erhalten, eine besondere Zwischenmaschine einzuschalten, welche vom Handrad in Betrieb gesetzt wird und welche alsdann die Wellenleitung zur Bewegung des Schiebers des Dampfsteuerapparats dreht. Auch hat sich die Bethätigung des Schiebers des Dampfsteuerapparates durch hydraulische Kraftübertragung — Telemotor von Brown — gut bewährt. Bei kleineren Dampfern wird der Steuerapparat an der Kommandostelle aufgestellt und die Bewegung zur Ruderpinne durch Ketten und Stangen übermittelt.

Auch zum Lichten der Anker, deren Gewicht ohne Kette bis zu 6000 bis 7000 kg sich steigert, verwendet man allgemein Dampfmaschinen mit Schneckenradgetriebe, da der Handbetrieb eine zu große Mannschaft und zu viel Zeit erfordert.

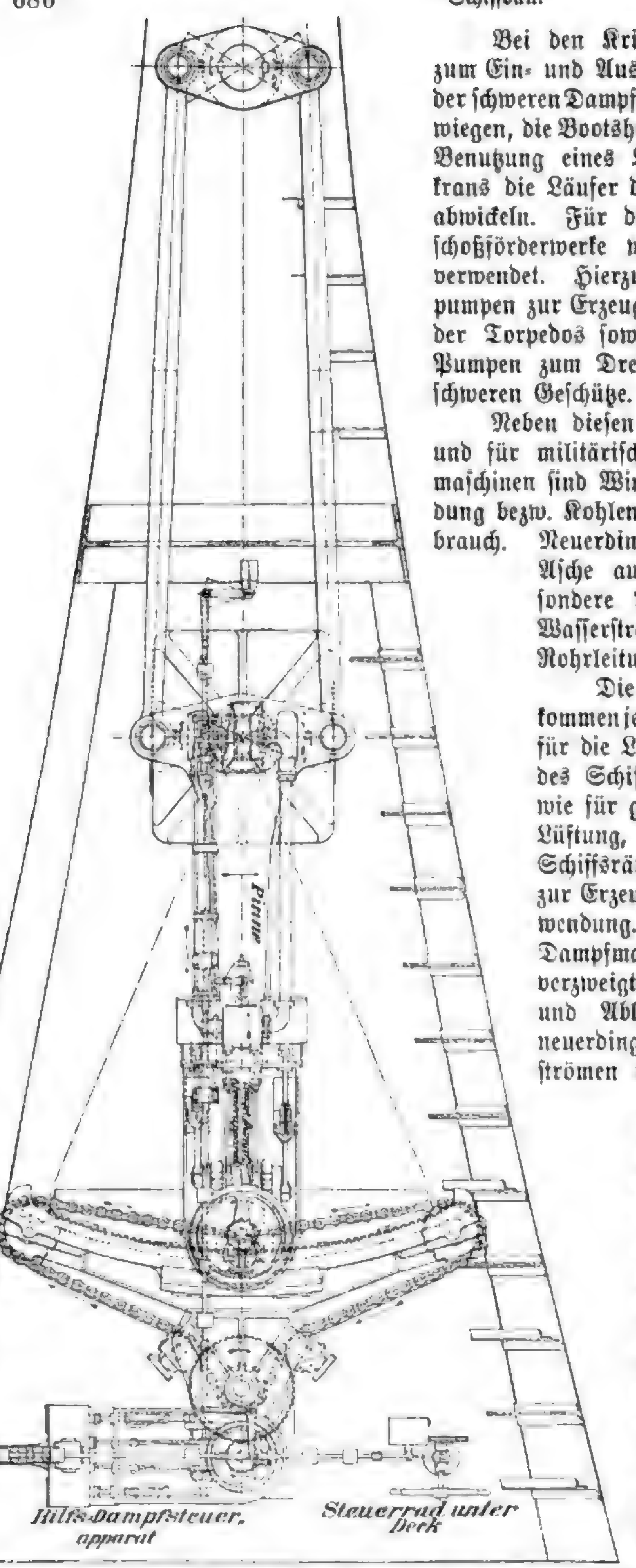
Digitized by Google

701. Panzerkreuzer „Fürst Bismarck“ zum Stapellauf bereit.



702. Schwimmkran zum Einsetzen von Maschinen und Kessel der Maschinenbau-A.-G. Vulkan in Bredow bei Stettin.

Digitized by Google

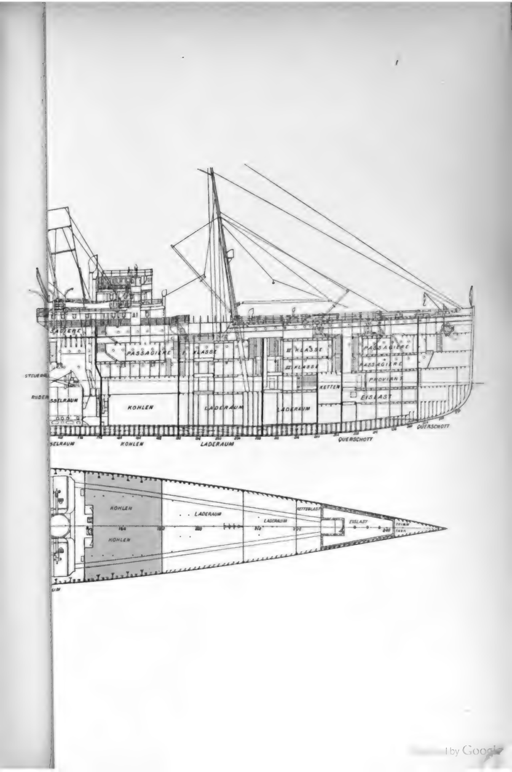


708. Steuereinrichtung des Schnelldampfers „Kaiser Wilhelm der Große“. Nach „Engineering“.

Bei den Kriegsschiffen kommen dann noch zum Ein- und Aussetzen der Boote, im besonderen der schweren Dampfbeiboote, welche bis zu 16000 kg wiegen, die Bootsheißmaschinen hinzu, welche unter Benutzung eines Ladebaumes oder eines Drehkrans die Läufer der Bootstakel aufwinden bezw. abwickeln. Für die Munitionsaufzüge und Geschoßförderwerke wird gleichfalls Maschinenkraft verwendet. Hierzu kommen die Luftkompressionspumpen zur Erzeugung von Preßluft zum Antrieb der Torpedos sowie hydraulische Maschinen und Pumpen zum Drehen sowie zur Bedienung der schweren Geschütze.

Neben diesen für den seemännischen Betrieb und für militärische Zwecke erforderlichen Hilfsmaschinen sind Winden zum Übernehmen von Ladung bezw. Kohlen sowie zum Ascheheißen in Gebrauch. Neuerdings erfolgt die Beseitigung der Asche aus den Heizräumen durch besondere Ascheejektoren, welche mittels Wasserstrahl die Asche in besonderen Rohrleitungen über Bord befördern.

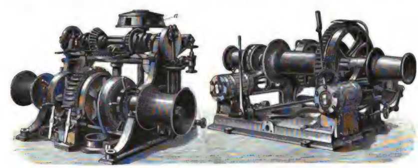
Die größte Zahl der Hilfsmaschinen kommen jedoch im Maschinenbetrieb, ferner für die Lenzvorrichtungen zur Sicherheit des Schiffes bei größeren Leckagen sowie für gesundheitliche Zwecke, d. h. zur Lüftung, Beleuchtung und Heizung der Schiffsräume, für Koch- und Badezwecke, zur Erzeugung von Eis u. s. w. zur Verwendung. Da diese große Zahl von Dampfmaschinen eine zahlreiche und weitverzweigte Rohrleitung für Dampf-Zu- und Ableitung erfordert — man ist neuerdings bestrebt, keinen Dampf ausströmen und verloren gehen zu lassen, sondern ihn wieder in den Kondensator zu leiten, um ihn nach dem Niederschlagen zu Wasser zum Speisen der Kessel wieder verwenden zu können — welche einesteils durch Wärmeausstrahlung die Schiffsräume übermäßig erwärmt, anderenteils namentlich auf Kriegsschiffen bei Beschädigungen der Rohrleitung eine Dampfgefahr mit sich bringt, so ist man schon vielfach zum Antrieb der Hilfsmaschinen durch den elektrischen Strom übergegangen. Die Verteilung des elektrischen Stromes durch Kabel ist verhältnismäßig einfach und un-


PASSAGIERE
PASSAGIERE I. KLASSE
III KLASSE
III KLASSE
PASSAGIERE
PASSAGIERE
PROVIANT
KETTEN
EISLAST
KOHLEN
LADERAUM
LADERAUM
QUERSCHOTT
KOHLEN
LADERAUM
QUERSCHOTT
KOHLEN
KOHLEN
LADERAUM
LADERAUM
EISLAST
TRIMM
TANK

by Google

Digitized by Google

gefährlich und erzeugt keine Wärme. Auf diese Weise werden vorzugsweise Ventilationsmaschinen, kleine Winden und Munitionsaufzüge, Kaltluftmaschinen, Werkzeugsmaschinen u. s. w. elektrisch angetrieben. Der elektrische Betrieb größerer Winden wie der Boots- und Ladewinden, des Ankerspills sowie der Steuermaschine ist bis jetzt nur vereinzelt eingeführt. Die Verwendung der Elektrizität an Bord der Schiffe, welche anfänglich sich nur auf die Beleuchtung des Schiffes erstreckte und hierin in vollkommenster Weise durch Anordnung verschiedener Stromkreise, Tag, Nacht, Gefechts- und Fahrtlampen ausgebildet ist, gewinnt immer mehr an Ausdehnung auch zur Kraftübertragung. Einen besonderen Fabrikationszweig bilden die elektrischen Befehlübermittler für Maschinentelegraphen, Schottentelegraphen, zu Signalzwecken. Auch ist man schon dazu übergegangen, besondere Akkumulatorenbatterien aufzustellen. Die dynamoelektrischen Maschinen für Schiffszwecke sind von gedrungenen Formen und geringem Gewicht für nutzbringende Watts und sind stets mit dem Motor direkt verkuppelt. Man verwendet meist Gleichstrommotoren von 60 bis 80 Volt Spannung, da dieselben bei den Kriegsschiffen zugleich den Scheinwerfern Strom geben.



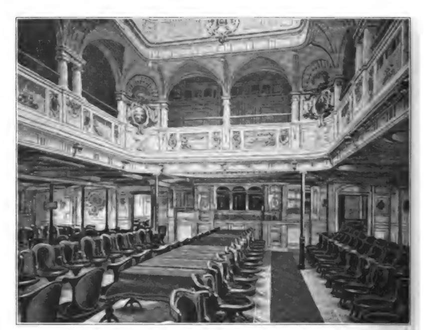
704. Dampfankerwinde. 705. Frachtwinde.

Es würde hier zu weit führen, auf die weiteren Einzelheiten der Hilfsmaschinen einzugehen. Um einen Überblick über die Zahl und die Mannigfaltigkeit derselben zu geben, mag eine Zusammenstellung aller Hilfsmaschinen folgen, welche auf den neueren Schnelldampfern der Kriegs- und Handelsmarine zur Anwendung kommen.

A. Hilfsmaschinen zur Sicherung des Betriebes der eigentlichen Schiffsmaschinen.

1. Umsteuerungsmaschine, um die Schiffsmaschine schnell und sicher auf Vor- und Rückwärtsgang einzustellen.
2. Maschine zum Drehen der Schiffsmaschine im Hafen bei Revisionen und Reparaturen einzelner Teile.
3. Maschine zum Bewegen des Absperrventils für große Maschinen.
4. Zentrifugalkühlwasserpumpen für die Kondensatoren.
5. Luftpumpenmaschinen, falls die Luftpumpen nicht von den Hauptmaschinen angetrieben werden.
6. Dampfpumpen sowie Injektoren zum Speisen der Kessel.
7. Dampfpumpen (Lenzpumpen) sowie Ejektoren zum Lenzen der Bilge.
8. Ballastpumpen zum Lenzen der Wasserballasträume.
9. Ventilationsmaschinen für die Heizräume zur Erzeugung von Druckluft für forciertes Heizen.
10. Ventilationsmaschinen zum Lüften der Maschinenräume.
11. Speisewassererzeuger zur Herstellung von destilliertem Wasser für Kesselspeisung.
12. Ascheheißmaschinen bezw. Ascheejektoren zur Beseitigung der Asche.

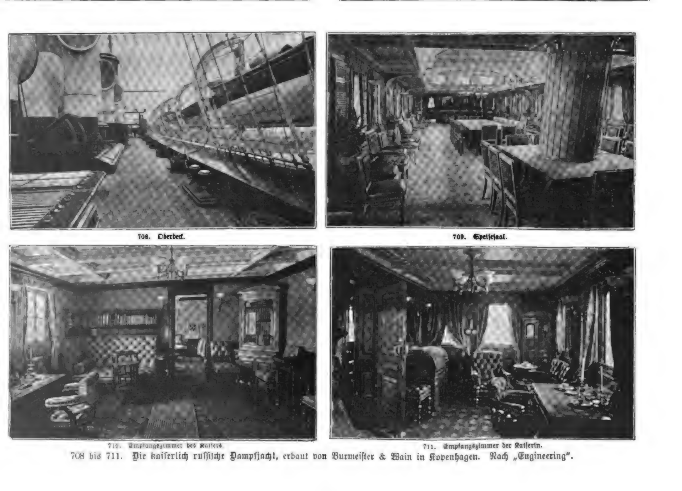
Digitized by Google



706. Speisesalon des Schnelldampfers „Kaiser Wilhelm der Große“.

707. Gesellschaftssalon des Schnelldampfers „Kaiser Wilhelm der Große“.

Digitized by Google



708. Oberdeck.

709. Speisesaal.

710. Empfangszimmer des Kaisers.

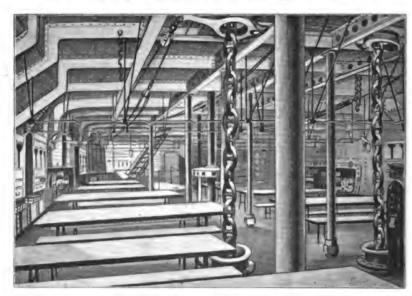
711. Empfangszimmer der Kaiserin.

708 bis 711. Die kaiserlich russische Dampfjacht, erbaut von Burmeister & Wain in Kopenhagen. Nach „Engineering“.

Digitized by Google

B. Hilfsmaschinen für den seemännischen Betrieb.
1. Ankerlichtmaschinen zum Antrieb der Ankerspille.
2. Dampfsteuerapparate zur Bethätigung des Ruders.
3. Verholspillmaschinen zum Aufwinden von Verholtrossen im Hafen.
4. Bootsheißmaschinen zum Ein- und Aussetzen schwerer Boote.

C. Hilfsmaschinen für militärische Zwecke.
1. Turmdrehmaschinen zum Drehen der schweren Panzertürme.
2. Munitionsaufzüge und Geschoßförderwerke zum Munitionstransport.
3. Maschinen zum Laden der schweren Geschütze.
4. Luftkompressionspumpen zur Erzeugung von Preßluft für den Torpedobetrieb.
5. Maschinen zum Öffnen und Schließen der Bugtorpedorohrklappen.



712. **Mannschaftsraum eines Kriegsschiffs.** Nach „The Engineer".

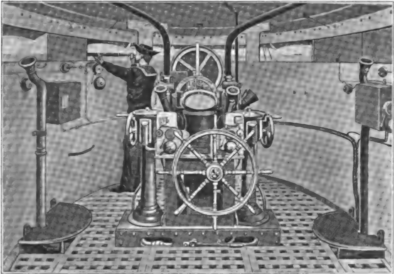
D. Hilfsmaschinen für den Schiffsbetrieb.
1. Dampfmaschinen zum Betrieb der Dynamos zur Stromerzeugung für elektrische Beleuchtung und elektrische Kraftübertragung.
2. Dampfwinden bezw. elektrische oder hydraulische Winden zum Übernehmen von Ladung, Kohlen u. s. w.
3. Dampffeuerspritzen für Löscharbeiten bei Bränden an Bord.
4. Dampflenzpumpen zum Lenzen der Schiffsräume bei Havarien und Leckagen.

E. Hilfsmaschinen für hygieinische Zwecke.
1. Dampfpumpen zum Fördern von Trinkwasser für die Küche und Filter.
2. Dampfpumpen zum Fördern von Wasch- und Badewasser — Süßwasser.
3. Dampfpumpen zum Fördern von Seewasser zum Waschen, Deckspülen und Scheuern.
4. Destillierapparate mit Trinkwasser-Kondensatoren zur Erzeugung von Trinkwasser.
5. Dampfkochapparate.

Digitized by Google

6. Heizvorrichtungen mittels Dampfes und elektrischen Stromes.
7. Kaltluftmaschinen zur Erzeugung von Eis und kalter Luft für die Kühlräume.
8. Ventilationsmaschinen zur Lüftung der Schiffsräume sowie für Trockenräume zum Absaugen der feuchten Luft.

Neben dieser großen Zahl und Mannigfaltigkeit der Hilfsmaschinen und Apparate bieten nun die neueren Schnelldampfer der Handelsmarine in ihren kunstgerechten und wohnlichen Speisesälen, Damensalons, Rauchzimmern u. s. w. in den bequemen und praktisch eingerichteten Schlafkammern der Passagiere, in den zahlreichen Bade- und Klosetteinrichtungen sowie den mannigfachen Wirtschaftsräumen für die Küche, den Kammern für den Schiffs- und Postbetrieb u. s. w. eine Fülle von kunstgewerblichen Arbeiten und praktischen Einrichtungen, wie man sie selten in so gedrängter Form und mit raffinierten Mitteln ausgestattet vorfindet. Jeder kleinste Raum muß auf die denkbar beste Weise ausgenutzt und verwertet werden, um einerseits die Zahl der nutzbringenden Wohnräume



718. Gepanzerter Kommandoturm. Nach „The Engineer".

sowie die übrig bleibenden Räume für Zwischendeckpassagiere und Ladung zur Erhöhung der Rentabilität des Schiffes zu steigern, anderseits jeden Raum möglichst praktisch und wohnlich einzurichten. Und so müssen sich beim Bau der Schnelldampfer Ingenieur, Künstler und Kaufmann eng zusammenschließen, um ein schnelles und mit Bezug auf den täglichen Kohlenverbrauch der Maschinenanlage ökonomisches, aber auch ein seetüchtiges und sicheres Fahrzeug zu schaffen, welches zugleich einen bequemen und gesunden Aufenthalt bietet und im stande ist, für den Rheder eine rentable Kapitalsanlage zu bilden.

Bei den Kriegsschiffen treten die ästhetischen und finanziellen Rücksichten ganz in den Hintergrund, und die Schiffsräume werden allein nach dem Grundsatz eingerichtet, die Gefechtsstärke des Schiffes nach Möglichkeit zu steigern und die Mannschaft durch Schaffung von luftigen und gleichmäßig temperierten Räumen jeder Zeit gesund und kampffähig zu erhalten. Neben den großen Räumen, welche zunächst die gesamte Maschinen- und Kesselanlage beansprucht, neben den Munitionskammern und Provianträumen, den Torpedoräumen zum Lancieren der Unterwassertorpedorohre, wird nun jeder verfügbare Platz in den unteren Schiffsräumen zum Stauen von Kohlen oder flüssigem Brennmaterial aus-

Digitized by Google

genutzt, um den Aktionsradius des Schiffes, d. h. die längste Strecke, welche das Schiff mit dem verfügbaren Kohlenvorrat unter Dampf zurücklegen kann, möglichst groß zu gestalten. Denn ohne hinreichenden Kohlenvorrat ist der Gefechtswert eines Schiffes sehr beschränkt. Erst der dann freibleibende Teil des Schiffsraumes und der Decks kann zur Unterbringung der Besatzung verwertet werden, und derselbe ist bei der hohen Besatzungsstärke der neueren Kriegsschiffe sehr beschränkt. Die Mannschaften müssen durchweg in Hängematten dicht gedrängt schlafen, und nur für die Offiziere und Decksoffiziere sind Kammern vorgesehen. Zum Verstauen des Bedarfs an Kleidern und Stiefeln u. s. w. stehen den Mannschaften verhältnismäßig kleine Spinde zur Verfügung, während die Tische und Bänke — Backen und Banken — zur Einnahme der Mahlzeiten bei Klarschiff verstaut werden müssen, um Platz zur Bedienung der Geschütze, Torpedorohre und sonstigen Kriegswaffen zu schaffen. Die Wohn- und Mannschaftsräume an Bord der Kriegsschiffe müssen daher besonders wirksam ausgenutzt und mit ausreichender Lüftung versehen werden.

Neben diesen Rücksichten treten dann im besonderen diejenigen in den Vordergrund, welche für den Fall eines Krieges für den Schutz des Schiffsrumpfes und der Mannschaft gegen feindliche Geschosse und zur Sicherung des Schiffes gegen Feuers- und Wassersgefahr zu beachten sind. Für den Kommandanten und die leitenden Personen bietet im Gefecht der Kommandoturm, von welchem aus durch die verschiedensten Befehlsübermittler das Schiff mit Bezug auf die Maschinen- und Rudermanöver, auf den Geschütz- und Torpedoangriff geführt und geleitet wird, durch seinen starken Panzer einen gesicherten Stand. In den einzelnen Decks und bei den leichten Geschützen, welche keinen Panzerschutz haben, sucht man die in den Hängemattskasten verstauten Hängematten als Kugelfänger zu verwerten und im übrigen darauf Bedacht zu nehmen, die Splitterwirkung der Geschosse an Holzteilen möglichst zu verhindern. Da ferner das Holz leicht Feuer fängt, so ist man vielfach bestrebt, dasselbe auf den Schlachtschiffen ganz zu vermeiden und sich allein auf Stahl und unbrennbare und nicht splitternde Materialien zu beschränken. Das Ausbrennen der spanischen Panzerkreuzer in dem Gefecht bei Santiago kann als ein warnendes Beispiel betrachtet werden, wie gefährlich auch bei Stahlschiffen hölzerne Decksbeplankungen und hölzerne Verkleidungen in den Wohn- und Mannschaftsräumen werden können. Und so muß man auf den Kriegsschiffen möglichst das Material entbehren, welches zur Wohnlichkeit des Schiffes wegen der guten Isolationsfähigkeit und der Eigenschaft, Feuchtigkeit aufzunehmen, besonders günstig beiträgt. Berücksichtigt man ferner, daß alle Mittel, welche zur Erhöhung der Gefechtsstärke, sei es zum Angriff, sei es zur Abwehr, nicht nur Raum, sondern zum großen Teil erhebliche Gewichte erfordern, welche von dem Schiffe getragen werden und welche daher innerhalb der Grenze des Deplacements bleiben müssen, so erkennt man die Schwierigkeiten, welche die Konstruktion und der Bau eines Kriegsschiffes erfordert und welche nach Möglichkeit überwunden werden müssen, um nach den neuesten Erfahrungen der Seekriegführung allen Anforderungen gerecht zu werden.

Schiffsmaschinenbau.

Einleitung.

Die Entwickelung der Schiffsmaschinen von der Einführung der Dampfschiffahrt bis zu den neuesten Errungenschaften des Schiffsmaschinenbaues zeigt in ihren einzelnen Stadien eine lange Kette von mannigfachen Konstruktionssystemen und Bauweisen, deren Endglieder eine Steigerung der Maschinenleistung von etwa 50 indizierten Pferdestärken des ersten Seeschraubendampfers „Archimedes“ bis zu 38 000 indizierten Pferdestärken des für den Norddeutschen Lloyd bei der „Aktiengesellschaft Vulkan“ im Bau befindlichen Schnelldampfers aufweisen. Die seit den ersten Anfängen der Dampfschiffahrt angestrebten Fortschritte und Verbesserungen erstrecken sich neben der Kraftsteigerung vornehmlich darauf, den Wirkungsgrad der Maschinenanlage und hierdurch die Ökonomie derselben zu verbessern und das Gesamtgewicht sowie den Raumbedarf im Schiff nach Möglichkeit zu verringern, um das Dampfschiff als Ganzes mit Bezug auf Kohlenverbrauch und Lade-

Digitized by Google

fähigkeit leistungsfähig und gewinnbringend zu gestalten. Inwieweit diese Bestrebungen Erfolg gehabt haben, möge als Beispiel an einem Dampfer von 3500 t Deplacement und einer Maschinenanlage von 1000 indizierten Pferdestärken, welche dem Schiff eine Geschwindigkeit von etwa 10 Knoten verleiht, kurz erläutert werden. Die ersten Wattschen Niederdruckmaschinen mit Kofferkesseln erforderten ein Gewicht von 300 kg pro indizierte Pferdestärke, und der Kohlenverbrauch derselben pro indizierte Pferdestärke betrug im Durchschnitt 2,8 kg, während die moderne dreifache, bezw. vierfache Expansionsmaschine mit Cylinderkessel von 12 bis 15 Atmosphären Dampfspannung nur etwa 100 kg pro indizierte Pferdestärke an Gewicht beansprucht und hierbei nur einen Kohlenverbrauch von 0,65 kg pro indizierte Pferdestärke aufweist. Legt man nun für das Schiff eine Dampfstrecke von 10 Tagen zu Grunde, so ergibt sich für die Niederdruckmaschine eine Kohlenmenge von $2{,}8 \times 1000 \times 24 \times 10 = 600$ t, während die vierfache Expansionsmaschine sich mit $0{,}65 \times 1000 \times 24 \times 10 = 156$ t begnügt. Ferner beträgt das Maschinengewicht der Niederdruckmaschine 1000×300 kg $= 300$ t gegenüber 1000×100 kg $= 100$ t der vierfachen Expansionsmaschine. Rechnet man nun das Eigengewicht des Schiffes zu 40 Prozent des Deplacements, so ergibt sich folgende Zusammenstellung:

	Schiff mit Niederdruckmaschine	Schiff mit vierfacher Expansionsmaschine
Schiffsgewicht	1400 t	1400 t
Maschinengewicht	300 t	100 t
Kohlenverbrauch für 10 Tage . . .	600 t	156 t
Summa	2300 t	1656 t
Es verbleibt demnach eine Ladefähigkeit von	1200 t	1844 t
Summa	3500 t	3500 t

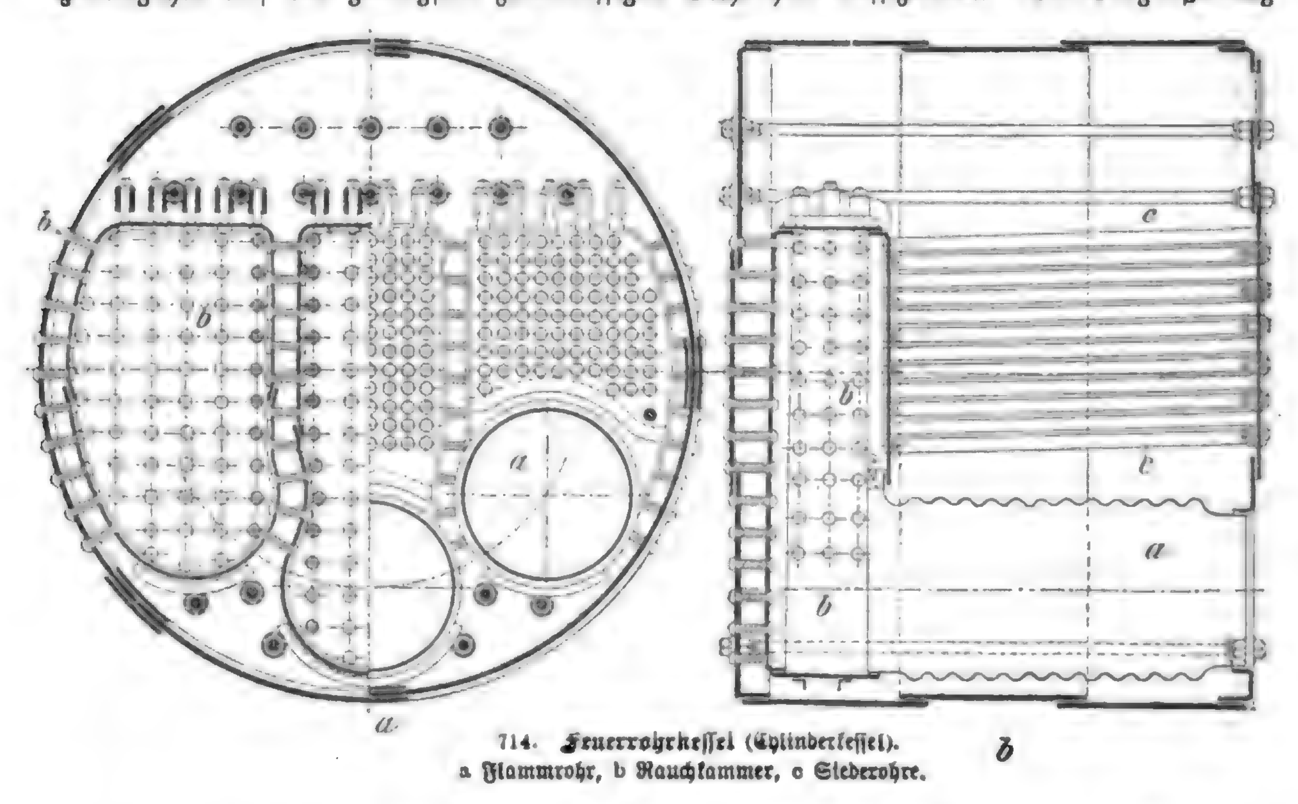
Das Schiff mit vierfacher Expansionsmaschine kann hiernach rund 50 Prozent mehr Ladung befördern und erzielt außerdem auf jeder Reise eine Kohlenersparnis von 444 t.

Der Gesamtwirkungsgrad der Schiffsmaschine d. h. das Verhältnis der nutzbringenden Arbeit, welche der Treibapparat des Schiffes für die Fortbewegung desselben ausübt, zu der im Schiffskessel erzeugten Wärmemenge beträgt rund 0,0365, d. h. von der totalen Heizkraft des Brennmaterials werden nur 3,6 Prozent für die Fortbewegung des Schiffes nutzbringend angelegt. Der Gesamtwirkungsgrad ergibt sich aus den Arbeitsverlusten, welche entstehen 1) bei der Dampferzeugung — Wirkungsgrad des Kessels etwa 65 Prozent — 2) bei der Nutzbarmachung des Dampfes etwa 15 Prozent — 3) durch Reibungs- und sonstige Verluste in den Maschinen — Wirkungsgrad der Maschinen etwa 75 Prozent, sowie 4) durch die Widerstände des Treibapparates — Wirkungsgrad des Treibapparates etwa 50 Prozent.

Der größte Verlust entsteht demnach durch die Ausnutzung des Dampfes. Er begründet sich einesteils dadurch, daß die Verdampfungswärme nur zum geringen Teil verwertet werden kann, anderenteils entsteht er aus den Verlusten durch Kondensation des Dampfes in der Dampfrohrleitung und in den Dampfcylindern, aus dem Nachdampfen in den Cylindern, sowie aus den direkten Dampfverlusten durch Undichtigkeit des Dampfkolbens, der Schieber u. s. w. Um diese Dampfverluste herabzusetzen, war man bestrebt nach Einführung der Oberflächenkondensation und der hierdurch ermöglichten Steigerung der Dampfspannung, den Dampf in mehreren Cylindern nacheinander expandieren zu lassen und hierdurch das Temperaturgefälle in den Cylindern zu vermindern. Während dasselbe bei der Compoundmaschine — einer zweifachen Expansionsmaschine — pro Cylinder etwa 45° C beträgt bei einer Anfangsspannung von etwa 6 Atmosphären, sinkt das Temperaturgefälle bei den dreifachen Expansionsmaschinen mit einer Kesselspannung von 10 Atmosphären Überdruck auf 38° C, bei den vierfachen Expansionsmaschinen mit 15 Atmosphären Überdruck auf 32° C. Da die Menge des zu verbrennenden Brennmaterials bei Steigerung der Dampfspannungen praktisch fast gleich bleibt, der Dampfverbrauch in der Maschine pro indizierte Pferdestärke bei den mehrstufigen Maschinen sich jedoch erheblich verringert, so ergibt sich eine beachtenswerte Ökonomie in der Ausnutzung des Dampfes durch Anwendung mehrstufiger Expansion.

Zur Vervollkommnung der Dampferzeugung, d. h. zur Steigerung der Wirkungsgrade des Kessels kamen folgende Hilfsmittel in Aufnahme: 1) Anwendung künstlichen Zuges zur Steigerung der Verbrennung in den Feuerungen, 2) Vorwärmung der Verbrennungsluft, 3) Vorwärmung des Speisewassers, 4) Verwendung von destilliertem Wasser zur Speisung der Kessel mit hohen Dampfspannungen, um Salzablagerungen im Kessel zu verhüten, wodurch die Wärmeabgabe von den Heizgasen nach dem Kesselwasser begünstigt wird. Man hat auf diese Weise den Wirkungsgrad einzelner Kessel bis auf 85 Prozent gesteigert, dagegen haben die Maschinen sowie der Triebapparat in ihrem Wirkungsgrad nur geringe Aufbesserungen erfahren.

Die Verminderung des Maschinengewichts pro indizierte Pferdestärke ist in der Hauptsache erreicht: 1) durch die Steigerung der Kolbengeschwindigkeit bezw. Vergrößerung der Umdrehungen der Kurbelwelle, 2) durch Einführung des künstlichen Zuges und Verwendung von Wasserrohrkesseln, sowie 3) durch Verwendung der besten Baumaterialien und Herabgehen auf den geringsten zuverlässigen Sicherheitskoeffizienten. Die Vergrößerung



714. Feuerrohrkessel (Cylinderkessel).
a Flammrohr, b Rauchkammer, c Siederohre.

der Umdrehungsanzahl gestattete, die Cylinderabmessungen zu verringern, während der Wirkungsgrad der Schraube, wie man anfänglich befürchtete, hierdurch nicht beeinträchtigt wurde. Die Kolbengeschwindigkeit wurde von 2 m bis auf 5 m pro Sekunde, in einzelnen Fällen — Torpedobootsmaschinen — sogar bis auf 7,5 m vergrößert, während die minutliche Umdrehungszahl der Maschinen für größere Maschinen sich auf 140, für Torpedofahrzeuge sogar bis auf 400 steigerte. Die erhöhte Umdrehungszahl der Maschinen erforderte zwar eine Vergrößerung der Lagerflächen, doch wurde die Gleichmäßigkeit des Ganges und dementsprechend die Beanspruchung der Welle durch die Verwendung von Drei- und Viercylindermaschinen eine günstigere.

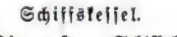
Durch die Einführung des künstlichen Zuges ergab sich eine lebhaftere Verbrennung auf dem Rost, so daß pro 1 qm Rost im Verhältnis mehr indizierte Pferdestärken erzeugt werden konnten. Man konnte sich dementsprechend mit einer geringeren Gesamtrostfläche begnügen und auf diese Weise die Größe und das Gewicht der Kessel verringern. Die Pressung des Unterwindes wurde anfänglich bis auf 150 mm Wassersäule gesteigert, jedoch ging man bald bis auf 30 und 12 mm zurück, da die Kessel durch den höheren Winddruck mit Bezug auf ihre Haltbarkeit sehr beansprucht wurden und erhebliche Leckagen zeigten. Eine weit günstigere Wirkung mit Bezug auf Gewichtsersparnis erzielten die sogenannten Wasserrohrkessel, infolge Verkleinerung des Wasserraumes des Kessels sowie

durch die Reduktion der Materialstärken, da die Rohrdurchmesser sehr gering sind und der Dampfdruck von innen wirkt. Auch kann bei den Wasserrohrkesseln die Verdampfungskraft durch Forcierung der Verbrennung ohne Schaden für den Kessel gesteigert werden.

Als Konstruktionsmaterial für Schiffsmaschinen ist neben dem Gußeisen für Dampfcylinder, Kondensator, Grundplatte, Cylinderständer für die drei letzten Teile vielfach Stahlguß und Bronze eingeführt worden, um die Abmessungen und Wandstärke der einzelnen Teile zu verringern. Die Schiffswellen der Kriegsschiffe und der Schnelldampfer der Handelsmarine werden aus Tiegelstahl, vereinzelt auch aus Nickelstahl geschmiedet und durch Ausbohren des Kernes hohl hergestellt, während für Mantelbleche der großen Cylinderkessel Nickelstahl Verwendung gefunden hat, um an Gewicht zu sparen.

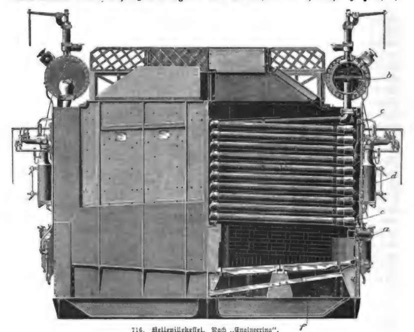
Über diesen Fortschritt mit Bezug auf Ökonomie und Gewichtsersparnis sind noch einzelne Neuerungen hervorzuheben, welche für die Sicherheit des Betriebes von Wert sind. Infolge der Steigerung der Dampfspannung der Kessel und veranlaßt durch die Thatsache, daß Kupfer bei höheren Temperaturen erheblich an Festigkeit einbüßt, werden die Dampfrohre mit Stahldraht umwickelt und sogar ganz aus stählernen Rohren gefertigt. Außerdem werden bei langen Rohrleitungen besondere Vorkehrungen getroffen, um bei den verschiedenen Temperaturen der Ausdehnung der Rohre Rechnung zu tragen. Bei den Kriegsschiffen tritt die Sicherung der Maschinen- und Kesselanlage noch mehr in den Vordergrund, da durch Einschlagen von Geschossen und Krepieren von Granaten leicht eine Dampfgefahr und eine Störung des Betriebes eintreten kann. Man ordnet daher die ganze Maschinen- und Kesselanlage nebst Rohrleitungen möglichst unter Panzerschutz an.

715. Feuerrohrkessel (Cylinderkessel). Nach „Engineering“.


Schiffskessel.

Die ersten Schiffskessel hatten Kofferform, d. h. sie bestanden mit Ausnahme der abgerundeten Ecken aus flachen Wandungen, welche in der Länge, Breite und Höhe durch starke Verankerungen und Stehbolzen versteift wurden. Die Kofferkessel besitzen zwei bis fünf Feuerungen, welche in die hintere Rauchkammer münden, von wo die Heizgase durch die über den Feuerungen angeordneten Siede- oder Feuerrohre in die vordere Rauchkammer und von dort in den Schornstein gelangen. Sie fanden nur für Niederdruckmaschinen bis zu drei Atmosphären absoluter Dampfspannung Verwendung. Bei dem Steigen der Dampfspannung ging man zu den Oval- und schließlich zu den Cylinderkesseln über, mit cylindrischem Mantel und ebenen Endflächen — Stirn- und Rückwand — sowie cylindrischen Flamm- oder Feuerrohren, so daß sich die Verankerung einfacher gestaltete. Die Flammrohre werden zur Zeit fast durchweg zur besseren Widerstandsfähigkeit gegen Druck von außen nach dem Patent von Fox oder Purves gewellt hergestellt und geschweißt und an den Enden mit der Stirnwand und der flachwandigen Rauchkammer durch Börtelung verbunden. Sie erhalten einen Durchmesser von 1 bis 1,3 m, und ihre Zahl pro Stirnwand schwankt zwischen 2 und 4. Die Rauchkammer ist entweder für alle Feuerungen gemeinsam, oder sie ist für die Flammrohre einzeln oder gruppenweise

getrennt. Die Seitenwände sowie die Rückwand der Rauchkammer werden mit dem Kesselmantel bezw. der Rückwand durch Stehbolzen verbunden, während die Decke durch eine Brücke und die Rohrwand durch die Siederohre bezw. besondere Ankerrohre versteift ist. Zur Vergrößerung der Rostfläche und Ersparung an Raum und Gewicht baut man die Cylinderkessel doppelendig, sogenannte Doppelender, und erhalten dieselben an beiden Endflächen Flammrohre, welche in der Mitte in eine gemeinsame oder in getrennte Rauchkammern münden. Bei den Lokomotivkesseln, welche vorzugsweise auf Kriegsschiffen, Avisos und Torpedofahrzeugen Verwendung fanden, werden die Flammrohre durch eine hohe, kastenförmige Feuerbüchse, früher aus Kupfer, später aus Stahlblech gefertigt, ersetzt und durch einen Mantel von ähnlicher Form umgeben und mit demselben durch Stehbolzen versteift.



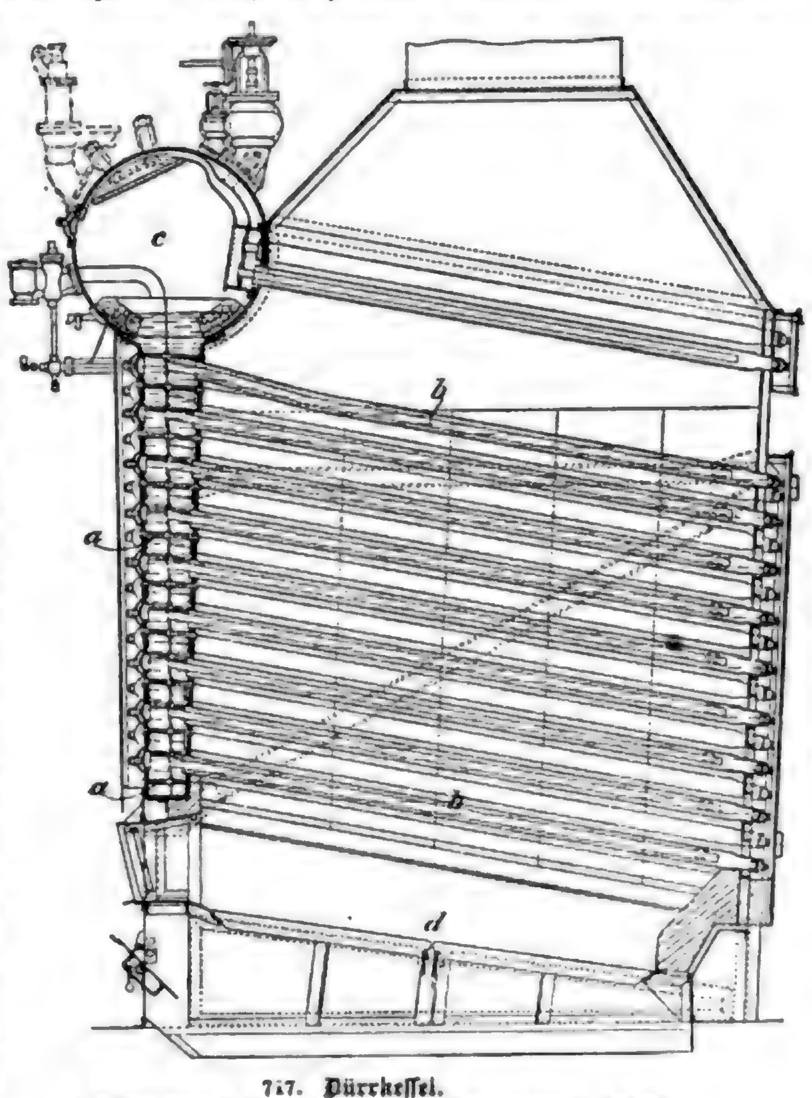
716. Bellevillekessel. Nach „Engineering".
a Speisewassersammelrohr, b Dampfsammler, c Rohrbündel, d Speisewasserregler, f Rost.

Die Cylinder- und Lokomotivkessel werden bis zu Kesselspannungen von 15 Atmosphären gebaut. Bei höheren Dampfspannungen ergeben sich ungewöhnliche Wandstärken, welche für Mantelbleche sich bis auf 42 mm steigerten. Man wandte sich daher einem Kesselsystem zu, welches nur geringe Cylinderdurchmesser erfordert und dementsprechend eine Verankerung unnötig machte, den sogenannten Wasserrohrkesseln. In diesen Kesseln wird das Wasser in einem System von Rohren von geringem Durchmesser zum Verdampfen gebracht und der Dampf in einen cylindrischen Dampfsammler von größerem Durchmesser geleitet, von wo er nach dem Passieren eines besonderen Apparates zum Abscheiden des mitgerissenen Wassers in das Hauptdampfrohr geleitet wird. Die Wasserrohrkessel haben dementsprechend einen verhältnismäßig kleinen Wasserraum, wodurch das Gewicht gering ausfällt und das Dampfmachen in kurzer Zeit erfolgen kann. Die anfänglichen Nachteile der Wasserrohrkessel, Neigung zum Überkochen und Erzeugung nassen Dampfes, aufmerksame Bedienung mit Bezug auf Kesselspeisung und Aufrechterhaltung des Dampfdruckes bei wechselnder Dampfentnahme, sind zum großen Teil durch selbstthätig wirkende Apparate, wie Speisewasserregulatoren, gehoben; die weiteren

Digitized by Google

Nachteile, mangelhafte Konservierung und Kontrolle seiner inneren Teile, sowie größerer Kohlenverbrauch infolge ungünstiger Ausnutzung der Wärme der Heizgase, lassen eine allgemeine Einführung der Wasserrohrkessel in der Handelsmarine noch nicht aufkommen.

Die Zahl der Kesseltypen ist eine sehr große, und daher mögen nur die gebräuchlichsten in ihren verbesserten Formen erörtert werden. Zu den ältesten Wasserrohrkesseln gehören die Bellevillekessel. Sie bestehen aus einer größeren Zahl — 8 bis 12 — übereinander angeordneter Rohrbündel aus stählernen Rohren, welche gegen die Horizontalebene etwas geneigt angeordnet sind, an den Enden durch besonders geformte Verbindungsstücke miteinander kommunizieren. Diese Rohrbündel oder Glieder des Kessels stehen unten mit dem Speisewassersammelrohr in Verbindung und münden oben in den außerhalb der Kesselumhüllung liegenden Dampfsammler, welcher durch zwei Fallrohre mit dem Speisewassersammelrohr in Verbindung steht. Der in den Wasserrohren sich bildende Dampf steigt in den einzelnen Gliedern bis in den Dampfsammler hinauf und wird in demselben durch einen besonderen Dampftrockner entwässert. Eine weitere Trocknung des Dampfes erfolgt durch ein in der Dampfrohrleitung eingeschaltetes Drosselventil, in welchem die Kesselspannung um 5 bis 7 Atmosphären herabgesetzt wird. Die Zuführung des Speisewassers wird selbstthätig reguliert. Neuerdings werden die Bellevillekessel zur Erzielung eines geringeren Kohlenverbrauchs mit einem Überhitzer versehen, von gleicher Konstruktion wie der Dampferzeuger, aber mit Rohren von geringerem Durchmesser. Der Bellevillekessel hat vorzugsweise in der englischen Kriegsmarine die weiteste Verbreitung gefunden.



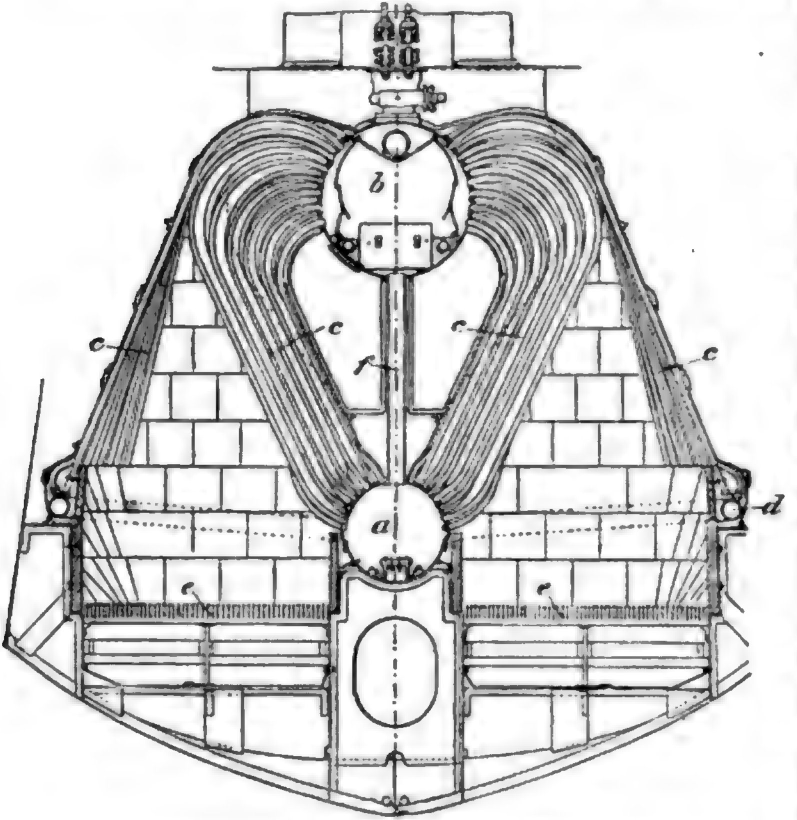
737. Dürrkessel.
a Wasserkammer, b Wasserrohre, c Dampfsammler, d Rost.

Der Dürrkessel besteht aus einer senkrecht stehenden geschweißten und mit Stehbolzen verankerten Wasserkammer, in deren Hinterwand die Wasserrohre eingesetzt sind. Die Rohre sind geneigt angeordnet, an den Enden geschlossen und in einer Chamottesteinwand derart gelagert, daß sie sich frei ausdehnen können. Sie erhalten dünnwandige Einhängerohre, welche an beiden Enden offen sind und vorn in einer vertikalen Trennungswand der Wasserkammer gelagert sind. Das Speisewasser tritt in den oberhalb der Wasserkammer gelagerten Dampfsammler ein, gelangt durch die vordere Hälfte der Wasserkammer in die Einhängerohre und durch diese in die Wasserrohre, wird hier verdampft und steigt als Dampf in der hinteren Hälfte der Wasserkammer in den Dampfsammler. Besondere Dampftrockner und Speisewasserregulatoren sind nicht erforderlich.

Die Wasserrohrkessel mit gekrümmten Rohren sind am zahlreichsten vertreten; sie zeichnen sich durch hohe Elastizität und schnelles Anheizen, sowie geringe Wassermenge und starken Umlauf des Wassers aus und kochen dementsprechend weniger leicht über. Die Mängel bestehen in der Hauptsache in der schwierigen Zugänglichkeit und Reinigung bezw. Konservierung der Rohre. Die Kessel bestehen im allgemeinen aus ein oder zwei

Unterkesseln und einem Oberkessel, welche durch die gekrümmten Wasserrohre sowie durch besondere Abfallrohre verbunden sind. Am verbreitetsten ist der neuere Thornycroftkessel mit einem Unterkessel, von welchem die Wasserrohre in den Dampfraum des Oberkessels geleitet werden. Die Verbrennungskammern sind zu beiden Seiten des Unterkessels angeordnet und nach außen durch je eine Rohrreihe von dicht an dicht liegenden Wasserrohren abgeschlossen, welche unten in ein U-förmig gebogenes Wasserkammerrohr eingedichtet sind und oben in den Dampfraum des Oberkessels münden. Zur Trennung des Dampfes von dem mitgerissenen Wasser sind im Oberkessel vor den Mündungen der Wasserrohre Winkelbleche angeordnet. Für eine gleichmäßige Speisung sorgt ein selbstthätiger Speisewasserregler mit Schwimmer.

Neben den Hauptkesseln wird meist auf den Handelsdampfern ein kleiner Hilfskessel — Donkeykessel — aufgestellt, welcher im Hafen den Dampf für die Dampfwinden und die elektrische Beleuchtung liefert, so daß die Hauptkessel außer Betrieb gesetzt werden können.



718. Thornycroftkessel.
a Unterkessel, b Oberkessel, c Wasserrohre, d Wasserkammerrohr, e Rost, f Fallrohre.

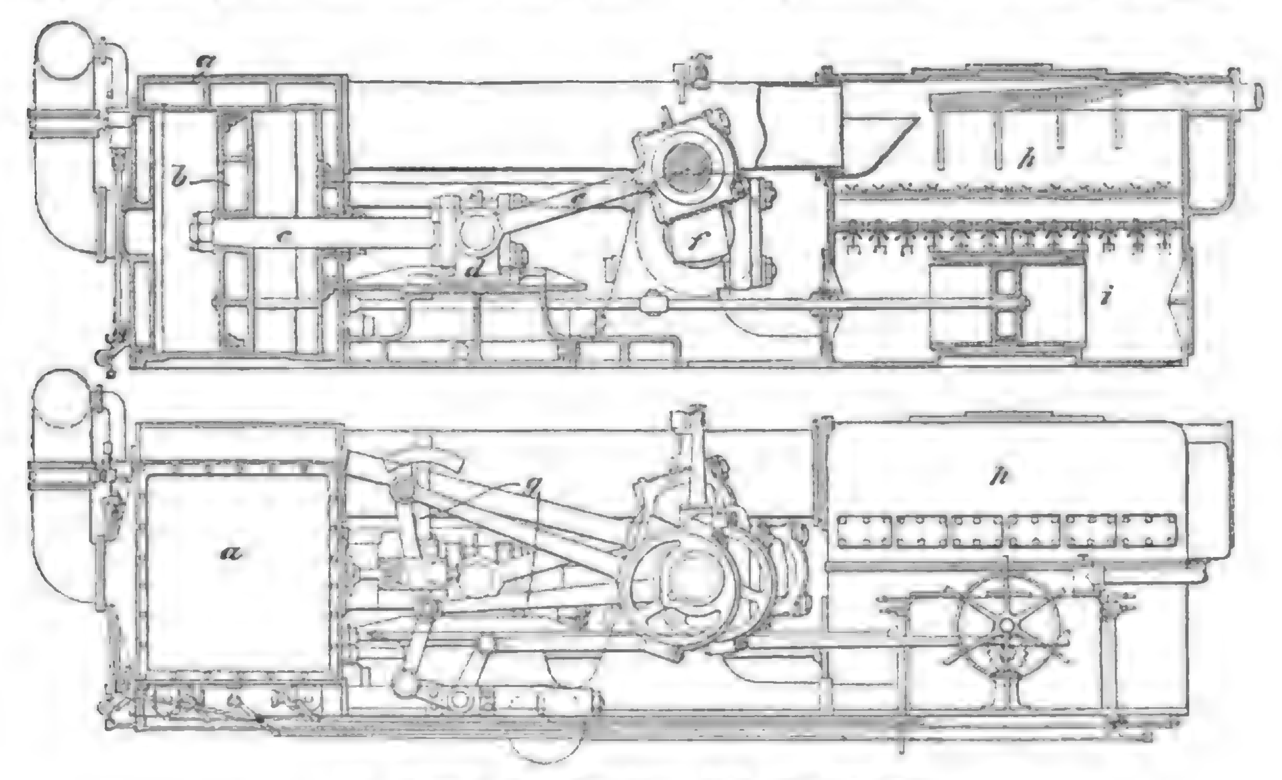
Der Bau der Schiffskessel erfolgt in besonderer Werkstatt, der sogenannten Kesselschmiede. Als Material für Schiffskessel verwendet man vorzugsweise Siemens-Martinstahl, und zwar ist für die feuerberührten Flächen des Kessels weicher Stahl, für die Kesselmäntel härteres Material, neuerdings auch Nickelstahl, gebräuchlich. Die Siederohre, sowie die Rohre der Wasserrohrkessel sind gezogene stählerne Rohre. Die Bearbeitung des Materials erfolgt teilweise im rotwarmen, teilweise im kalten Zustande. Zum Erhitzen der Bleche dienen Glühöfen und Schmiedefeuer. Die Bearbeitung im rotwarmen Zustand erfolgt für die Börtelungen. Die geschweißten und gewellten Flammrohre werden meist von den Hüttenwerken fertig geliefert.

Zur Bearbeitung im kalten Zustand dienen schwere Blechwalzen, meist mit vertikal angeordneten Walzen zum Biegen des Kesselmantels, ferner Kantenhobelmaschinen, sowie eine große Anzahl von Bohrmaschinen, da für den Kesselbau alle Nietlöcher sauber passend gebohrt werden müssen. Das Bohren der Nietlöcher erfolgt bei Überlappungen meist nach dem Zusammenpassen der Bleche durch beide Blechdicken zugleich. Man verwendet daher vielfach transportable Bohrmaschinen mit beweglichen Wellen oder mit elektrischem Antrieb. Besondere Sorgfalt erfordert die Nietung der Kesselwände, und im besonderen für die dicken Mantelbleche finden hydraulische Nietmaschinen Verwendung. Jedes Niet muß sauber gestemmt werden, und es ist, um ein Dichthalten der Kessel bei hohen Dampfspannungen zu ermöglichen, besondere Sorgfalt darauf zu verwenden, daß beim Bohren der Nietlöcher kein Öl verwendet wird, da an fettigen Stellen sich kein Rost bilden kann und dementsprechend leicht sich Leckagen zeigen. Besondere Sorgfalt erfordert bei den Cylinder- und Lokomotivkesseln das Einziehen und Eindrillen der Siederohre in den Rohrwänden, sowie die Herstellung der Verankerungen der flachen Wände der Rauchkammer bezw. Feuerbüchse. Für den Bau der Wasserrohrkessel sind für die einzelnen Kesseltypen besondere Werkzeugmaschinen erforderlich zum Stauchen und Gewindeschneiden der Rohrenden bei den Bellevillekesseln, zum Biegen der Rohre bei den Thornycroftkesseln.

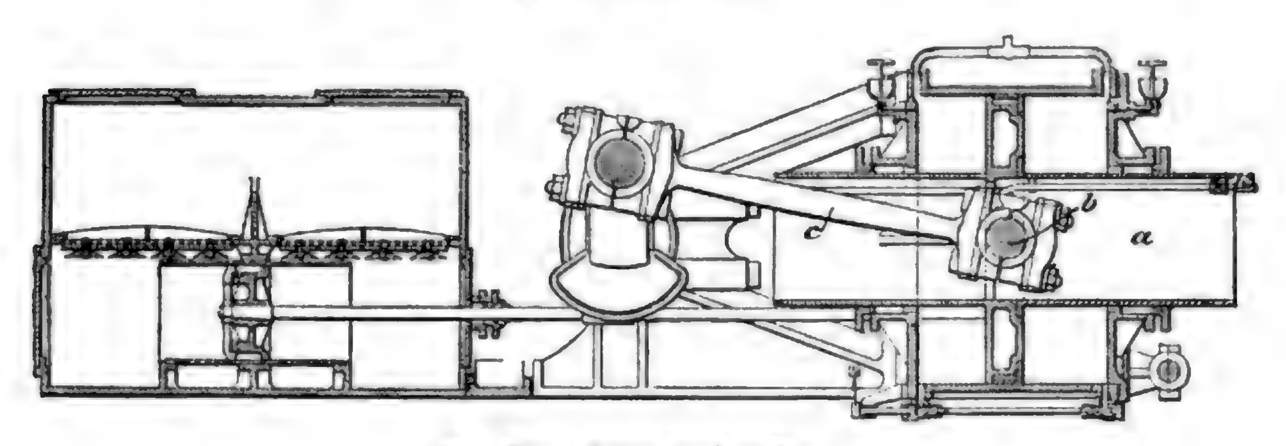
Schiffsmaschine.

Die verschiedenen Systeme der Schiffsmaschinen gliedern sich nach der Art des von ihnen betriebenen Propellers in Schraubenschiffsmaschinen, Räderschiffsmaschinen und Reaktionsmaschinen, nach Art ihrer Aufstellung an Bord in horizontale oder liegende Maschinen, vertikale oder Hammermaschinen und schrägliegende Maschinen.

Die **liegenden** Maschinen fanden vorzugsweise in der Kriegsmarine als Schraubenschiffsmaschinen Verwendung, da es wünschenswert ist, die Maschinenanlage zum Schutz gegen feindliche Geschosse unterhalb der Wasserlinie anzuordnen. Sie werden als Expan-

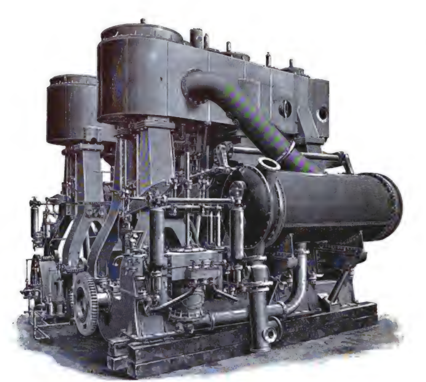


719. **Liegende Dampfmaschine.** Nach „The Engineer".
a Cylinder, b Kolben, c Kolbenstange, d Kreuzkopf, e Pleuelstange, f Welle, g Umsteuerung, h Kondensator, i Luftpumpe.

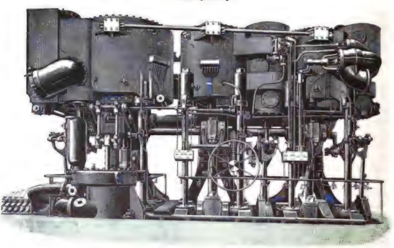


720. **Penns Doppeltrunkmaschine.**

sionsmaschinen mit Einspritzkondensator, neuerdings fast durchweg als Compoundmaschinen von zwei oder drei Cylindern mit Oberflächenkondensator konstruiert. Die direkt wirkenden liegenden Maschinen verlangen kurze Pleuelstangen und geringen Hub des Kolbens; sie sind in der Konstruktion einfach, übersichtlich und leicht zugänglich. Die Maschinen mit rückkehrender Pleuelstange, durch **Dupuy de Lôme** vorzugsweise in die französische Kriegsmarine eingeführt, lassen größere Pleuelstangenlänge und größeren Hub zu; die Anordnung wird jedoch wegen der zwei bis vier Kolbenstangen pro Cylinder, der ungünstig gelegenen Gleitbahnen kompliziert und unübersichtlich. In England hat daher die von **Penn** in Greenwich zuerst erbaute **Trunkmaschine** allgemeinere Anwendung



721. Dreifache Expansionsmaschine für ein Zweischraubenschiff. Nach „Engineering".

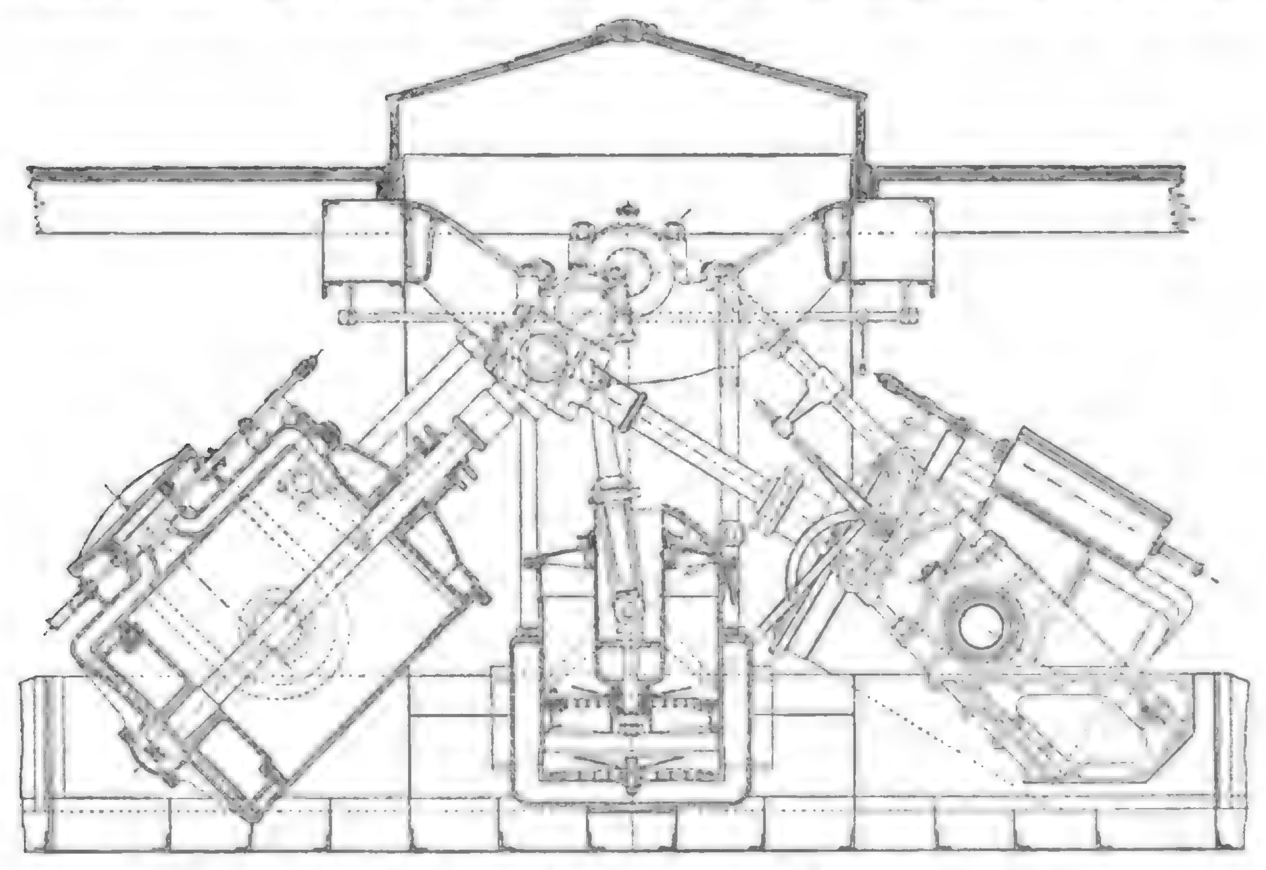


722. Dreifache Expansionsmaschine für Kriegsschiffe. Nach „Engineering".

Digitized by Google

gefunden; bei ihr greift die Pleuelstange direkt an den in der hohlen Kolbenstange, dem Trunk, gelagerten sogenannten Trunkzapfen an, so daß die Breitenausdehnung der Maschine fast um die Länge der Kolbenstange verkürzt wird. Wegen der ungünstigen Lage des Trunkzapfenlagers innerhalb des Cylinders und der leichten Gefahr des Warmlaufens dieses Lagers eignen sich die Trunkmaschinen nur für niedrige Dampfspannungen, und daher ist die Anordnung der Compoundmaschine hierbei ausgeschlossen. Auch ist der Arbeitsverlust durch die Reibung der Trunks in den Packungen der Trunkstopfbüchsen sowie der Wärmeverlust an den Trunkflächen bedeutend.

Mit der Steigerung der Dampfspannung und Einführung der dreifachen Expansionsmaschine sowie der Anwendung von zwei und drei Schrauben zur Fortbewegung des Schiffes ist man auch bei den Kriegsschiffen allgemein auf die Hammermaschinen übergegangen wegen der geringen Breitenausdehnung, und so bildet dieselbe zur Zeit den



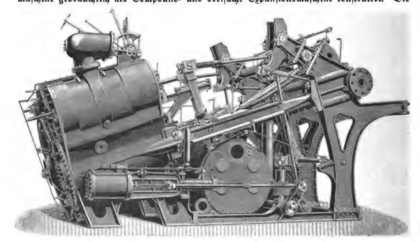
723. Räderschiffsmaschine. Nach „Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure“.

verbreitetsten Typ der Schraubenschiffsmaschine. Sie gestattet eine bequeme Zugänglichkeit und größere Übersichtlichkeit der einzelnen Teile; die einseitige Abnutzung des Kolbens, wie bei den horizontalen Maschinen, ist bei dem frei schwebenden Kolben ausgeschlossen, und der Raumbedarf im Schiff ist ein geringerer. Die Hammermaschinen werden in der Kriegsmarine fast durchweg als dreifache Expansionsmaschinen, in der Handelsmarine als dreifache bezw. als vierfache Expansionsmaschinen ausgeführt und zeichnen sich wegen der drei Kurbelanordnungen durch leichte und schnelle Manövrierfähigkeit sowie durch einen ruhigen Gang der Maschine aus.

Die verschiedenen Anordnungen der Hammermaschine bestehen in der Verschiedenheit der Zahl der Cylinder und in der Art ihrer Anordnung. Neben der Zweicylindercompoundmaschine findet man bei größeren Maschinen Dreicylindermaschinen mit zwei Niederdruckcylindern und einem Hochdruckcylinder zwischen denselben. Bei den dreifachen Expansionsmaschinen wählt man die Reihenfolge der Cylinder meist wie folgt: Hochdruck, Mitteldruck, Niederdruck. Erhält man bei großen Maschinenleistungen Niederdruckcylinder, welche 2,4 m im Durchmesser übersteigen, so pflegt man den Niederdruckcylinder in zwei Cylinder zu teilen und stellt dieselben, um die Kippmomente der Maschine auszugleichen,

an die Enden der Maschine und den Mitteldruck- und Hochdruckcylinder dazwischen. Bei der vierfachen Expansionsmaschine ist die Gliederung der einzelnen Cylinder eine weit vielseitigere; man kann dieselben als Tandemmaschine, je zwei Cylinder übereinander, mit zwei um 90° gegeneinander versetzten Kurbeln herstellen, ferner als Dreikurbelmaschine mit dem Hochdruckcylinder auf einem der anderen Cylinder oder als Vierkurbelmaschine, bei welcher für je einen Cylinder eine Kurbel vorgesehen ist.

Die Räderschiffsmaschinen gliedern sich in oscillierende, schrägliegende und Balanciermaschinen. Bei den oscillierenden Maschinen fehlt die Pleuelstange, und die Kolbenstange greift direkt an die Kurbelachse an. Die Cylinder schwingen um hohle Schildzapfen, durch welche die Dampfeinströmung und die Dampfausströmung erfolgt. Man führt die oscillierenden Maschinen meist als Compoundmaschinen aus. Man verwendet sie vorzugsweise auf Passagierdampfern, da sie am wenigsten Raum beanspruchen. Für Schlepper und auf Flußdampfern mit geringem Tiefgang ist die schrägliegende Radmaschine gebräuchlich als Compound- und dreifache Expansionsmaschine konstruiert. Die

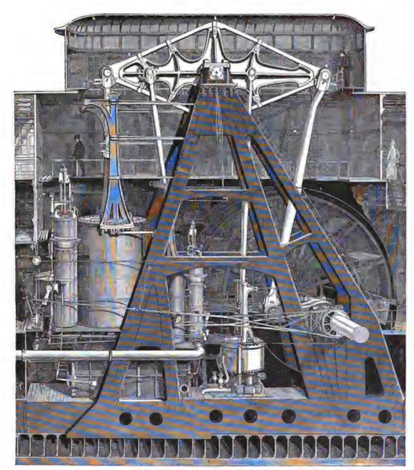


724. Schrägliegende Compound-Räderschiffsmaschine. Nach „Engineering“.

Cylinder liegen geneigt am Schiffsboden, und die Kolbenstangen wirken mittels doppelt gelagerter Kreuzköpfe und verhältnismäßig langer Pleuelstangen auf die oben gelagerte Kurbelwelle. Die Balanciermaschinen mit über dem Oberdeck liegendem Balancier haben sich noch heutigestags auf den amerikanischen Fluß- und Küstenraddampfern erhalten. Die Reaktionsmaschinen haben nur eine vorübergehende Bedeutung gewonnen. Bei denselben wird Wasser durch im Inneren des Schiffes liegende Pumpen bezw. Turbinen angesaugt und mit gesteigerter Geschwindigkeit durch zwei an den Schiffsseiten oberhalb der Wasserlinie mündende Ausstoßrohre ausgeworfen. Beim Vorwärtsgang sind die Ausflußöffnungen nach hinten, beim Rückwärtsgang nach vorn gerichtet. Die mit diesen Maschinen erzeugte Wirkung ist nur eine geringe, da beim Eintreten des Wassers in die Rohrleitung, durch die Reibung desselben an den Rohrwandungen sowie das Mitschleppen des im Schiff befindlichen Wassers erhebliche Kraftverluste entstehen. In neuester Zeit ist von Zeuner ein Turbinenpropeller mit Kontraktor entworfen, welcher die obigen Mängel teilweise beseitigt und für kleine Flußschiffe günstige Resultate ergeben hat.

Die Cylinder der Schiffsmaschinen werden aus Gußeisen hergestellt und sind in der Regel, um die Abnutzung derselben durch den Kolben zu verhüten, mit Einsatzcylindern aus Stahl für den Hochdruckcylinder und aus härterem Gußeisen für den Mittel- und Niederdruckcylinder versehen. Sie werden mit der Cylinderwandung derartig befestigt

Digitized by Google

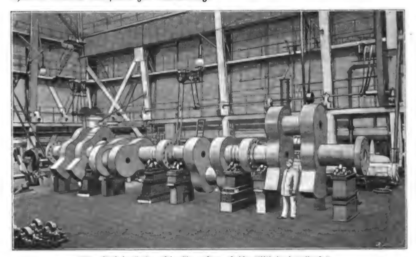


725. Amerikanische Balancier-Räderschiffsmaschine. Nach „Engineering".

und abgedichtet, daß der Hohlraum zwischen ihnen und der Cylinderwandung als Dampfmantel mit Dampf gespeist werden kann. Bis vor kurzem lagerte man die einzelnen Cylinder getrennt auf den Maschinenständern oder Säulen und verstrebte sie nur durch Zugstangen miteinander und mit dem Schiffskörper, damit sich die einzelnen Cylinder bei den wechselnden Dampftemperaturen selbständig ausdehnen und zusammenziehen konnten. Die Zwischenkammern oder Receiver wurden alsdann als gekrümmte Dampfrohre ausgeführt. Neuerdings verschraubt man die einzelnen Cylinder mit den gußeisernen Zwischenkammern zu einem starren Ganzen, so daß sie in Verbindung mit der Grundplatte einen soliden Träger darstellen, welcher die Kippmomente und Vibrationen der einzelnen Teile aufnimmt. Die Dampfkolben werden entweder aus Stahlfaçonguß oder aus geschmiedetem Stahl gefertigt, die Pleuelstangen gleichfalls aus geschmiedetem Stahl. Für Torpedobootsmaschinen werden sie sogar, zur Gewichtsersparnis, hohl gemacht.

Digitized by Google

Die **Dampfverteilungsschieber** sind beim Hochdruck- und Mitteldruckcylinder meist Kolbenschieber, beim Niederdruckcylinder Flachschieber. Die Anordnung der Dampfkanäle ist mit Bezug auf die Dampfgeschwindigkeit und Größe der schädlichen Räume von großer Wichtigkeit. Die Lage der Schieber befindet sich entweder zwischen den einzelnen Cylindern oder seitlich derselben und hängt von der Art der Schiebersteuerung ab. Die erstere Anordnung findet man bei der Umsteuerung von Stephenson, welche bei Schiffsmaschinen am verbreitetsten ist. Die Umsteuerungen mit einem Exzenter von Heusinger von Waldegg, Klug, Marshall nebst ihren Abarten beanspruchen wegen der seitlichen Lage der Schieber weniger Raum für die Maschine der Länge nach. Die Exzenter werden stets mit Weißmetall ausgegossen, um ein Warmlaufen zu verhindern. Die Bewegung der Steuerung erfolgt bei größeren Maschinen durch eine besondere Dampfmaschine, die Umsteuerungsmaschine, welche meist nach dem System von Brown mit hydraulischem Sperrcylinder konstruiert ist. Expansionsschieber für den Hochdruckcylinder kommen nur selten zur Anwendung.



726. Kurbelwelle des Schnelldampfers „Kaiser Wilhelm der Große".

Die **Kurbelwelle** der Schraubenschiffsmaschine wird meist aus geschmiedetem Siemens-Martin-Stahl, für größere Maschinen aus Tiegelstahl gefertigt und wird für kleinere Maschinen aus einem Stück geschmiedet; bei größeren Maschinen setzt man dieselben aus zwei bezw. drei gleichen Teilen zusammen, und die Wellen werden meist hohl hergestellt, indem man dieselben nach dem Schmieden ausbohrt. Man spart hierdurch an Gewicht und hat eine Kontrolle über die Beschaffenheit des Kernes der Welle. Die Kurbelwellen für Raddampfmaschinen bestehen meistens aus zwei oder drei Teilen. Bei Flußdampfern ist vielfach eine Entkuppelungsvorrichtung eingebaut, um die Manövrierfähigkeit des Schiffes zu erhöhen, so daß jedes Schaufelrad selbständig und unabhängig von dem anderen vorwärts oder rückwärts bewegt werden kann. An die Kurbelwelle der Schraubenschiffsmaschine schließt sich die Drucklagerwelle an, welche mit Kämmen versehen ist, die im Drucklager laufen und den Schub der Schraube durch die Schiffswelle auf das Schiff übertragen. Die Schiffswelle besteht aus einzelnen Wellenenden, welche im Wellentunnel in entsprechenden Traglagern geführt sind. Die hinterste Kuppelung ist meist eine Muffenkuppelung, um das hinterste Wellenende, die sogenannte Schaftwelle, nach hinten durch das sogenannte Stevenrohr herausziehen zu können. Die Schaftwelle ist im Stevenrohr gelagert und trägt am hinteren Ende, fest aufgekeilt, die Schraube.

Digitized by Google

Besondere Sorgfalt erfordert bei Zweischraubenschiffen der Schutz der Schiffswellen gegen Anfressungen im Seewasser. Man versieht sie zu diesem Zweck neuerdings mit einem Überzug von Hartgummi.

Der **Kondensator** wird seit Einführung der hohen Dampfspannungen und der Verwendung mehrfacher Expansionsmaschinen vorzugsweise als Oberflächenkondensator ausgeführt. Auf Flußdampfern findet vereinzelt noch der Einspritzkondensator Verwendung. Der Oberflächenkondensator wurde 1834 von Samuel Hall erfunden, nachdem bereits im Jahre 1829 John Ericsson in Seraing eine Schiffsmaschine mit Oberflächenkondensation, sowie mit einem Hochdruckkessel mit Unterwindgebläse konstruiert hatte. Der Kondensator hat die Aufgabe, den Abdampf aus dem Niederdruckcylinder zu kondensieren und als Wasser niederzuschlagen. Die Kondensierung erfolgt durch Kühlung des Dampfes mittels Seewassers, welches durch die sogenannte Zirkulationspumpe derart durch den Kondensator getrieben wird, daß es von dem Dampf durch dünne, metallene Wandungen getrennt ist. Diese Wandungen bestehen aus etwa 1 mm dicken messingenen Rohren von 20 mm äußerem Durchmesser, welche horizontal liegend an den Enden in bronzenen Rohrplatten gelagert und in denselben stopfbüchsenartig gedichtet sind. Das Kühlwasser kommt von See durch das Bodenventil des Saugrohres der Zirkulationspumpe, wird durch letztere durch die Rohre des Kondensators getrieben und gelangt durch ein zweites Bodenventil wieder nach außenbord. Der Dampf kondensiert sich um die Rohre und wird durch die Luftpumpe in den Warmwasserraum — Luftpumpendruckraum — und von dort durch die Kesselspeisepumpe in den Kessel gedrückt. Die Form der Kondensatoren richtet sich nach den Raum- und Gewichtsverhältnissen. Bei den Hammermaschinen der Handelsmarine wird der Kondensator mit den Cylinderständern zusammen aus Gußeisen gefertigt, während für Kriegsschiffe derselbe meist in Walzenform aus Bronze bezw. Kupferblech hergestellt wird. Die Vorteile der Oberflächen- gegenüber der Einspritzkondensation bestehen in der Hauptsache darin, daß wegen Abschluß der Luft ein größeres Vakuum erzielt wird, und daß das kondensierte Wasser möglichst rein von Salzen ist, so daß es ohne Schaden für den Kessel wieder verwendet werden kann. Infolge der Dampfverluste in der Maschine wird freilich nicht alles verdampfte Wasser wieder gewonnen, es muß daher zum Speisen der Kessel Zusatzwasser genommen werden, welches neuerdings in besonderen Destillierapparaten oder Verdampfern gewonnen wird, um jeglichen Niederschlag von Stoffen bezw. Salzen auf den Kesselwandungen zu vermeiden. Neben diesen Speisewassererzeugern sind Speisewasservorwärmer und Speisewasserreiniger — Apparate verschiedenster Konstruktion — für Schiffsmaschinen fast unentbehrlich geworden.

Die Luftpumpe, sowie die Speise-, Lenz- und Spülpumpen werden meist von der Hauptmaschine durch Balancierantrieb bewegt, während die Zirkulationspumpe stets als Kreiselpumpe mit eigener Antriebsmaschine versehen ist. Neuerdings läßt man die Luft-, Lenz- und Spülpumpen durch eine besondere Maschine antreiben, während die Speisepumpen als selbständige Dampfpumpen nach dem System von Weir oder Blake in den einzelnen Kesselräumen aufgestellt werden.

Von besonderer Wichtigkeit für einen sicheren Maschinenbetrieb ist die Anordnung von ausgiebigen und zum Teil selbstthätigen Schmier- und Kühlvorrichtungen, um ein Warmlaufen der vielen Zapfen und Lager zu verhüten.

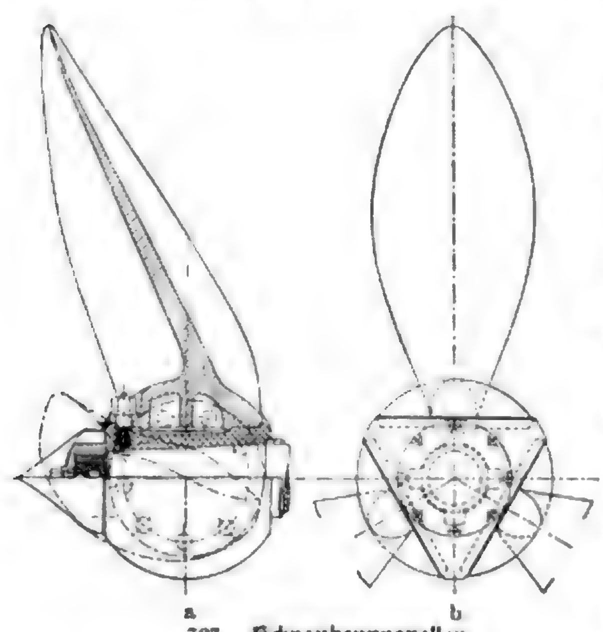
Propeller.

Die zur Zeit für Dampfschiffe gebräuchlichen Propulsionsmethoden zur Fortbewegung des Schiffes beschränken sich in der Hauptsache auf Schaufelräder und Schrauben. Die Wirksamkeit dieser Treibapparate besteht in der Hauptsache darin, daß beim Vorwärtsgang des Schiffes der von dem Propeller nach hinten geworfenen Wassermasse eine gegenüber der Schiffsgeschwindigkeit beschleunigte Bewegung erteilt wird, und dementsprechend bildet die hierdurch entstehende Rückwirkung nach vorn, Reaktion, die Triebkraft des Schiffes.

Das **Schaufelrad**, welches anfänglich der verbreitetste Propeller auch für Ozeandampfer war, wird jetzt fast ausschließlich nur für flachgehende Flußdampfer und auf

See für Postdampfer auf kurze Strecken verwendet, da die Räder an Wirksamkeit verlieren, wenn sie in bewegter See verschieden eintauchen und bei längeren Reisen die Eintauchung der Schaufeln nach Verbrauch der Kohlen geringer wird. Man unterscheidet Räder mit festen und solche mit beweglichen Schaufeln. Erstere verwendet man vorzugsweise für Schlepper. Ihr Nutzeffekt ist wegen der flachen Ein- und Austauchung der Schaufeln und der hierdurch auftretenden Erschütterungen gering. Für Passagierdampfer bevorzugt man daher Räder mit beweglichen Schaufeln, welche an den Radarmen drehbar gelagert sind und durch Lenkstangen, welche an einer zur Radwelle exzentrisch gelagerten Scheibe befestigt sind, derart gestellt werden, daß sie während des Durchziehens durch das Wasser eine steilere Lage annehmen. Je nach der Richtung der Schaufeln beim Wasserein- und -austritt entstanden die Räder von Buchanan, Oldham und Morgan.

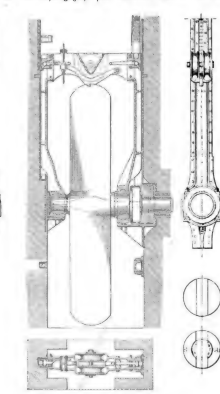
Die Schiffsschraube ist zur Zeit der wirksamste Propeller zum Treiben der Schiffe, da der von derselben nach hinten geworfene Wasserstrom den größten Querschnitt besitzt und die Umdrehungsgeschwindigkeit der Schraube leicht gesteigert werden kann. Während die Umdrehungszahl der Schaufelräder nicht über 50 gesteigert werden kann, sind Umdrehungen der Schraube von 100 bis 300 nicht selten. Die Schiffsschraube ist gewissermaßen eine Druckschraube, welche durch den Druck, den die hintere oder Druckfläche gegen das umgebende Wasser ausübt, das Schiff nach vorn treibt. Anfänglich bestand die Schraube aus einem Blatt, welches die Länge eines Schraubenganges von großer Steigung hatte. Da jedoch der Raum im Hinterschiff zur Unterbringung der Schraube beschränkt ist, so mußte man, um die nötige Druckfläche zu erhalten, den Schraubengang mehrgängig machen, um sich mit einem Bruchteil des Ganges begnügen zu können. Es entstanden so die zwei- und mehrflügeligen Schrauben. Man ging mit der Zahl der Flügel bis zu sechs, doch ist man zur Zeit bei drei und vier Flügeln geblieben, da mehrflügelige Schrauben größere Reibungs- und Verdrängungsarbeit beanspruchen. Die Wirksamkeit der Schraube ist von den verschiedensten Umständen, der Schiffsform, der Maschinenleistung und der Schraubenform abhängig, und daher lassen sich bestimmte Regeln zur Bestimmung der Schraubenelemente nicht feststellen. Die Zahl der Schraubenformen ist eine sehr große, doch haben sich nur wenige in der Praxis eingebürgert. Sie unterscheiden sich in der Hauptsache nach der Gestalt der Erzeugungslinie, d. h. derjenigen Seite der Querschnittsfigur des Schraubenganges, welche die Druckfläche erzeugt. Die gebräuchlichsten Schraubenformen zeigen die gewöhnliche Schraube, die Griffithschraube, die Thornycroftschraube und die Hirschschraube.



727. Schraubenpropeller.
a Seitenansicht, b Hinteransicht.

Die Schrauben werden aus Gußeisen, Bronze oder geschmiedetem Stahl gefertigt. Die kleinen Schrauben werden aus einem Stück gegossen, die größeren bestehen aus der Schraubennabe, auf welcher die einzelnen Schraubenflügel mittels Schrauben und Keile befestigt werden. Für Kreuzer der Kriegsmarine, welche längere Strecken unter Segel zurücklegen sollen, pflegt man eine zweiflügelige Schraube in einem Heberahmen zu lagern, um sie beim Segeln in den Schraubenbrunnen zu heben und so dem störenden Einfluß des Wassers zu entziehen. Man verwendet auch in diesem Falle die Bevisschraube, deren Schraubenflügel mittels einer in der hohlen Schaftwelle gelagerten Stange derart gedreht werden können, daß die beiden Schraubenflügel fast parallel zur Längsschiffsebene stehen und dementsprechend einen geringen Wasserwiderstand verursachen.

Da sowohl die Schraube als auch das Schaufelrad bei der Bewegung die Wasserteilchen nach hinten verschieben, so können sie nicht in gleichem Maße fortschreiten, als wenn die Schraube in einer festen Mutter, oder das Schaufelrad auf einer festen Bahn arbeitet. Bei jeder Maschinenumdrehung fällt daher der Schiffsweg kleiner aus als der Weg, welcher der Schraubensteigung bezw. dem Radumfang entspricht. Der so entstehende Verlust am Fortschreiten des Schiffes heißt Rücklauf oder Slip. Würde z. B. eine Schraube von 5 m Steigung und einer Umdrehungszahl pro Minute von 80 einem Schiff eine Geschwindigkeit von 12 Knoten verleihen, so wäre der theoretische Weg der Schraube in Metern pro Stunde gleich 5.80.60 = 24000 m.



728. Zweiflügelige Schraube. Nach „The Engineer".

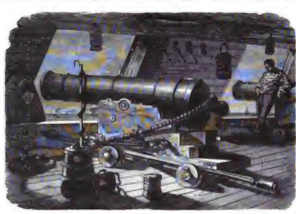
Der wirkliche Weg ist jedoch, da ein Knoten = 1852 m ist, gleich 12.1852 = 22224 m. Es ergibt sich demnach ein Verlust von 24000 — 22224 = 1776 m. Dieser Verlust, in Prozenten des theoretischen Weges berechnet, ergibt den Slip in Prozenten, d. h. Slip = $\frac{1776}{24000}$ × 100 = 7,4 Prozent.

Der Slip der Schraube in Prozenten soll bei gut proportionierten Schrauben und normaler Schiffsform für große Schrauben 15 %, für kleine Schrauben 10 % nicht übersteigen. Bei Zweischraubenschiffen steigert sich der Slip bis zu 20 und 25 %. Unter 5 % Slip deutet im allgemeinen auf ungünstige Schraubenformen oder auf ein sehr völliges Hinterschiff. In vereinzelten Fällen ist sogar der Slip unterhalb Null geblieben, d. h. er ist negativ ausgefallen. Diese anscheinend paradoxe Erscheinung läßt sich dadurch erklären, daß das Schiff bei sehr völligen Hinterschiffsformen einen Wassersogg, d. h. ein lebhaftes Nachströmen des Wassers erzeugt, so daß die Schraube, wenn sie einen positiven Slip aufweisen soll, dem zurückgeworfenen Wasserteilchen eine Geschwindigkeit erteilen muß, welche größer ist als die Schiffsgeschwindigkeit plus Wassersogg. Ein negativer Slip ist daher immer ein Zeichen einer sehr ungünstigen Schiffsform. Bei Schaufelrädern ist der Slip in Prozenten größer und beträgt derselbe bei Rädern mit festen Schaufeln 15 bis 30 %, bei solchen mit beweglichen Schaufeln 12 bis 20 %. Ein negativer Slip ist bei Rädern niemals beobachtet worden.

Digitized by Google

Marine-Artillerie.

Die Verwendung von Geschützen an Bord der Kriegsschiffe reicht bis in den Anfang des 14. Jahrhunderts zurück. Man verwendete glatte Geschützrohre, welche teilweise aus Bronze, teilweise aus Gußeisen gefertigt waren und welche Steinkugeln oder gußeiserne Vollkugeln schleuderten. Anfänglich zeigte sich das Bestreben, das Kaliber der Rohre groß zu wählen, um möglichst schwere Kugeln schleudern zu können, und man steigerte die Vollkugeln bis zu einem Gewicht von 300 Pfund. Später ging man zu kleineren Kalibern über und suchte die Handhabung des Geschützes zu erleichtern und die Genauigkeit des Zielens sowie die Schußweite zu vergrößern, und so kam man gegen Ende des 18. Jahrhunderts zu Geschützen, welche Kugeln von je 18, 24, 32 und 42 Pfund Gewicht auf etwa 2000 Schritt schossen. Die „Victory", das berühmte englische Linienschiff und Flaggschiff Nelsons, führte eine Geschützarmierung von dreißig 42-Pfündern und 32-Pfündern, dreißig 24-Pfündern, vierzig 12-Pfündern sowie zwei 68-pfündigen Karronaden. Diese große Anzahl von Geschützen fand auf den Linienschiffen auf den einzelnen Decks in der Breitseite Aufstellung. Die Rohre waren auf hölzernen Lafetten oder Raperten gelagert, welche aus zwei starken eichenen Bohlen bestanden, die vorn und hinten durch entsprechende Querhölzer verbunden waren. Die Lafette wurde auf hölzernen, niedrigen Blockrädern bewegt. Das Rohr lagerte mit seinen Schildzapfen in entsprechenden Auskehlungen der Lafettenwände. Die Höhenrichtung der Geschütze erfolgte mittels Handspaken, mit welchen das Bodenstück des Rohres, das stets mit Hintergewicht gelagert war, gehoben wurde, um hölzerne Richtkeile unterschieben zu können. Mit denselben Handspaken sowie unter Benutzung von Seitentaljen wurde die geringe Seitenrichtung des Geschützes, d. h. das Schwenken der Lafette bewirkt. Der Rücklauf der Lafette beim Schuß wurde teilweise durch die Decksbucht, teilweise durch die Reibung der sehr starken Achsen der Blockräder gehemmt. Später trat das Brooktau hinzu, welches die Radlafette mit der Schiffswand verband und dessen Elastizität den Rückstoß milderte. Die Länge desselben wurde so bemessen, daß nach dem Rücklauf des Geschützes seine Mündung etwa 2 Fuß von der Bordwand abstand, um das Rohr von neuem laden zu können. Hierbei wurde die Lafette durch die Einholtalje festgehalten. Nach dem Laden mußte die Lafette durch die Ausrenntaljen dicht an die Bordwand gezogen werden, um die Geschützmündung zur Geschützpforte hinauszubringen.



729. Batterie eines älteren Kriegsschiffes.

Die Bedienung dieser primitiven Lafetten, welche für die damaligen glatten Rohre mit geringer Ladung und mangelhafter Schußgenauigkeit auf weitere Entfernungen genügten, erforderte jedoch eine zahlreiche Bedienungsmannschaft, welche sich z. B. für die 32-Pfünder auf 14 Mann pro Geschütz belief. Da in der Regel in jedem Deck auf jeder Schiffsseite mindestens 15 Geschütze aufgestellt waren, so ergab sich für eine Bordseite eine Bedienungsmannschaft von 210 Mann für jedes Deck. Mußten die Geschütze

Digitized by Google

auf beiden Bordseiten besetzt werden, so standen pro Geschütz nur 7 Mann zur Verfügung. Die einzelnen Geschützdecks waren hiernach mit Mannschaften überfüllt, und es ist daher nicht überraschend, wenn mit einer Lage der Breitseitgeschütze, wie in der Schlacht bei Trafalgar auf dem spanischen Dreidecker „Santa Ana“ 400 Mann außer Gefecht gesetzt wurden. Diese verheerende Wirkung der Vollkugeln einer Breitseite beschränkte sich jedoch in der Hauptsache darauf, eine große Zahl Mannschaften kampfunfähig zu machen und die feindlichen Geschütze außer Gefecht zu setzen; auch wurden durch die Vollkugeln die über Wasser liegenden Teile des Schiffsrumpfes durchschlagen und teilweise die Masten und Teile der Takelage zu Fall gebracht. Eine Gefahr für das Schiff und seine Schwimmfähigkeit entstand jedoch selten.

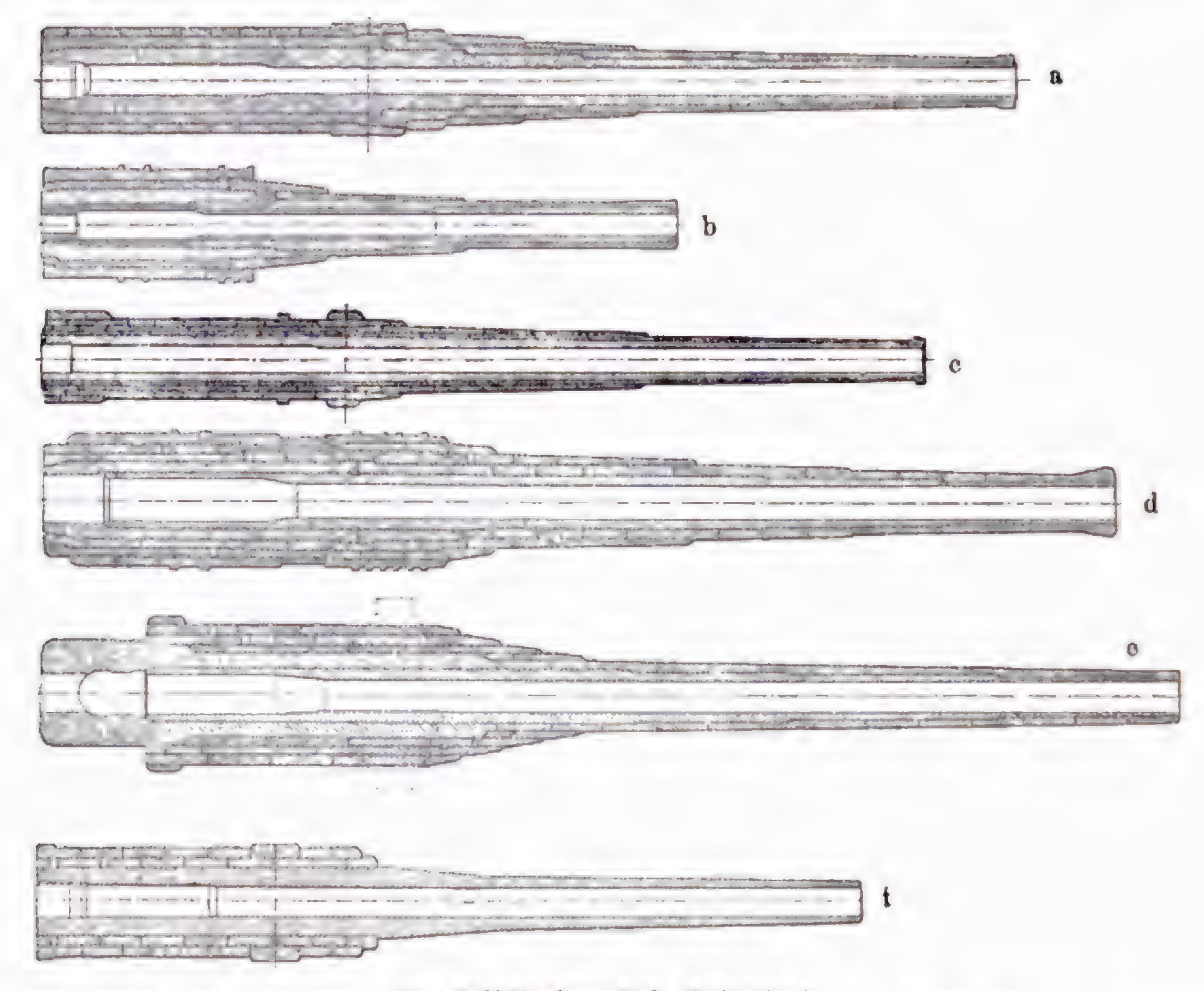
Erst die Erfindung der Bombenkanone durch den französischen Oberst Paixhans im Jahre 1822, welche eiserne Hohlkugeln von 20 bis 25 cm Durchmesser schoß, die in ihrem Hohlraum etwas über 1 kg Pulver enthielten, wurde den hölzernen Linienschiffen verhängnisvoll. Diese Bomben oder Granaten rissen, wenn sie den Schiffsrumpf in der Nähe der Wasserlinie trafen und dann krepierten, gewaltige unregelmäßige Löcher in die Schiffswand, welche sich nur selten verstopfen ließen und demnach ein Sinken des Schiffes zur Folge hatten. Auch verursachten die krepierten Granaten einen Brand im Inneren des Schiffes, welcher meist verhängnisvolle Folgen hatte. Diese Wirkung der Bomben oder Granaten zeigte sich zuerst im Jahre 1849 in dem Gefecht von Eckernförde, in welchem durch sechs nassauische Geschütze ein dänisches Linienschiff und eine dänische Fregatte kampfunfähig gemacht wurden. Doch erst die Vernichtung der türkischen Flotte bei Sinope im Jahre 1853 durch die russischen Granaten, welchen die Türken nur gewöhnliche Kugeln entgegenzusetzen hatten, sowie die bedeutenden Schäden, welche die verbündete englisch-französische Flotte im Krimkriege durch die Granaten der russischen Strandbatterien zu erleiden hatte, veranlaßte die Verbündeten zum Bau gepanzerter, schwimmender Batterien, von denen die französischen noch bei der Beschießung von Kinburn im Oktober 1855 mit Erfolg in Thätigkeit traten. Die Voll- und Hohlgeschosse, welche die Russen auf diese Batterien abfeuerten, zerschellten an den 110 mm starken eisernen Schiffswänden und blieben wirkungslos. Diese Erfolge der gepanzerten Batterien führten dann in Frankreich 1858 und bald darauf in England 1861 zum Bau von seefähigen Panzerschiffen, und nun entwickelte sich zwischen Schiffsgeschütz und Panzer ein heftiger Kampf, welcher in Zukunft die Grundlage bilden sollte für die weitere Entwickelung der Schiffsartillerie.

Um die Durchschlagskraft der Geschütze zur Durchdringung des Panzers zu erhöhen, ging man alsbald zum Bau von gezogenen Rohren über, welche Langgeschosse feuerten, die sich zur Bekämpfung des Panzers besser eigneten. Der von den Amerikanern anfänglich verfolgte Grundsatz, den Panzer durch das Auftreffen möglichst schwerer Rundgeschosse, die aus glatten gußeisernen Rohren unter Anwendung großer Ladungen grobkörnigen Pulvers gefeuert wurden, zu erschüttern und dementsprechend zu Bruch zu bringen, fand keine Nachahmung und wurde auch später von den Amerikanern aufgegeben. Es wurden zu diesem Zweck von Rodman Geschütze bis zu 50 cm Kaliber und 57 t Rohrgewicht gegossen, welche bei 50 kg Ladung ein Geschoß von 500 kg feuerten.

Die Franzosen begannen zuerst mit dem Bau gezogener Geschützrohre, indem sie die alten gußeisernen Rohre mit Zügen versahen, durch schmiedeeiserne Ringe verstärkten und den in Amerika erprobten Schraubenverschluß annahmen. Später wurden die alten gußeisernen Rohre innen durch ein stählernes Seelenrohr, sowie außen durch stählerne Beringungen verstärkt, da das Gußeisen sich für die Züge zu weich zeigte und man Bedacht nehmen mußte, das gußeiserne Rohr von dem plötzlich auftretenden Gasdruck zu entlasten. Auch zeigten die gußeisernen Rohre meist von den Schildzapfen nach hinten Risse.

Die Engländer setzten diesen Rohren das Lancaster-Geschütz mit glatter, aber spiralförmig gewundener Bohrung von elliptischem Querschnitt entgegen, und bald folgte Armstrong mit seinem gezogenen Hinterladegeschütz mit Bleimantelgeschossen. Dasselbe bestand aus einem gußstählernen Kernrohr — A-Rohr — welches hinten durch ein massiv geschmiedetes Hinterstück, vorn durch das B-Rohr und in der Mitte sowie um das Hinter-

stück durch schmiedeeiserne Coils, alle Teile warm aufgezogen, verstärkt wurde. Die Coils wurden aus schmiedeeisernen Barren von trapezförmigem Querschnitt erzeugt, welche mit der schmalen Seite in warmem Zustande über einen Dorn spiralförmig aufgewickelt und dann zu einem Hohlcylinder zusammengeschweißt wurden. Die Faser der Barren war dementsprechend zur Aufnahme des inneren Drucks in tangentialer Richtung gelagert. Um die Herstellungskosten zu vermindern, wurden dann die Rohre nach Frasers Vorschlag hergestellt, das Hinterstück auch nach dem Coil-Prinzip, jedoch entsprechend der größeren Stärke aus zwei- bezw. dreifach übereinander gerollten Coils und die A-Röhre entweder nur durch das Hinterstück und das B-Rohr oder noch durch einen stärkeren Coil verstärkt.



780. **Geschützrohre.** Nach „Engineering“.
a 34 cm Canet, b Woolwich, c 34 cm de Bange, d Armstrong, e 40 cm Krupp, f 34 cm franz. Schiffskanone 1881.

In Preußen ging Friedrich Krupp mit dem Bau von gezogenen Hinterladern aus Tiegelstahl vor. Sie bestanden aus stählernen Kernrohren mit stählernen Ringen und feuerten Geschosse mit Pressionsführung. Als Verschluß diente anfänglich der Kolbenverschluß. Die Kruppschen Geschütze erreichten im besonderen infolge des vorzüglichen Tiegelstahls sehr bald eine solche Überlegenheit gegenüber den Fabrikaten anderer Nationen, daß Krupp eine Zeitlang ohne Nebenbuhler dastand. Die Engländer sowohl als die Franzosen kauften in den 60er Jahren einige Rohre zu Versuchen an, und diese wurden den schärfsten Prüfungen unterworfen, ohne daß das Material Schäden und Risse zeigte. Whitworth in England steigerte dann den Wettbewerb zur Herstellung dauerhafter und solider Geschützrohre mit Stahlrohren aus flüssigem komprimierten Stahl. Auch trat schon im Jahre 1860 Longridge mit seinen Versuchen mit Rohren hervor, welche durch eine Drahtumwickelung verstärkt waren und welche erst in dem letzten Jahrzehnt zum Bau der modernen englischen Schnellfeuergeschütze geführt haben.

Digitized by Google

In Frankreich, welches am längsten an dem Gußeisen als Geschützmaterial festhielt, begann man erst im Jahre 1874 mit dem Bau stählerner Rohre aus Siemens-Martin-Stahl. Die erste Stahlkanone, welche aus französischem Stahl — St. Chamond — gefertigt war, war die „Marie Jeanne" von 24 cm Bohrung, welche während der Belagerung von Paris im Fort Mont Valérien von so großer Bedeutung wurde.

Die Unsicherheit des ersten Armstrongschen Hinterladeverschlusses veranlaßte sehr bald die Engländer, zu den Vorderladegeschützen zurückzukehren, trotz der Vorzüge des Hinterladesystems mit Bezug auf Treffsicherheit und schnelle Geschützbedienung. Erst die stete Zunahme der Rohrlängen zur Erhöhung der Anfangsgeschwindigkeit der Geschosse, durch welche das Vorderladesystem an Bord der Schiffe schließlich unmöglich wurde, brachte die Engländer im Jahre 1880 wieder auf die Hinterlader zurück. Und so sehen wir, daß Krupp mit seiner Geschützkonstruktion von Anfang an bahnbrechend vorging, nicht nur mit Bezug auf das Geschützmaterial, sondern auch wegen seines beharrlichen Festhaltens am Hinterladesystem. Nachdem der Stahl allgemein als Geschützmaterial sich eingebürgert hatte, bildet in der Hauptsache die Konstruktion des Verschlusses das wesentliche Unterscheidungsmerkmal in den Geschützsystemen der Kriegsmarinen.

Neben der Einführung der gezogenen Geschütze kennzeichnet sich nun der Kampf zwischen Geschütz und Panzer anfänglich darin, daß man alsbald bestrebt war, das Kaliber des Geschützes und hiermit das Gewicht des Geschosses zu vergrößern, um die Aufschlagskraft des Geschosses, d. h. die Energie oder die lebendige Kraft desselben zu steigern, da die schon mehrfach beringten Rohrwandungen eine Erhöhung des Gasdrucks nicht mehr zuließen. Auch wurde für die Panzergeschosse ein härteres Material — Stahl und sogenannter Hartguß — sowie Granaten eingeführt, deren Sprengladung ohne Zünder durch den gewaltigen Stoß, welchen das Geschoß beim Auftreffen auf die Panzerung erleidet, und die hierdurch auftretende Erwärmung entzündet wurde. Es entstanden auf diese Weise im besonderen in England und Italien die gewaltigen Riesengeschütze von 100 bis 120 t Rohrgewicht, welche Geschosse bis zu 1000 kg Gewicht feuerten, deren Bedienung nicht allein umständlich und langsam war, sondern welche auch schon nach wenigen scharfen Schüssen derartige Verbiegungen im langen Felde zeigten, daß ein weiteres Schießen mit diesen Geschützen eingestellt werden mußte. Die Franzosen begnügten sich mit Rohren von 34 cm Kaliber, während man in Deutschland schon im Jahre 1875 der Ansicht war, daß mit Bezug auf die Geschützbedienung und die Dauerhaftigkeit des Rohres ein Hinausgehen über das Kaliber von 28 cm nicht wünschenswert sei.

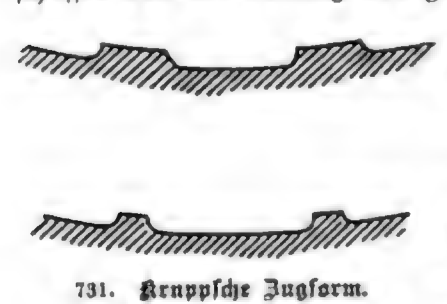
Doch erst durch die Einführung des langsam verbrennenden grobkörnigen und des prismatischen Pulvers fand man ein wichtiges Mittel, die Anfangsgeschwindigkeit der Geschosse ohne Erhöhung des Gasdrucks zu steigern, indem man die Rohre verlängerte und den Gasdruck auf das Geschoß bis zum Verlassen der Rohrmündung ausnutzte. Es brachte das langsam brennende Pulver den weiteren Vorteil mit sich, daß das Geschoß mit einem Teil der entwickelten Pulvergase verhältnismäßig weich in die Züge des Rohres eingepreßt wurde und durch die weitere Verbrennung des Pulvers eine immer beschleunigtere Geschwindigkeit erhielt. Auch konnte auf diese Weise der Drall nach der Mündung zu progressiv verstärkt werden, so daß dem Geschoß mit zunehmender Geschwindigkeit gleichzeitig eine schnellere Drehung um seine Achse erteilt wurde, was eine erhöhte Treffsicherheit zur Folge hatte. Der Erfolg dieses Grundsatzes zeigt sich z. B. darin, daß das 160 kg schwere Geschoß eines 40 Kaliber langen 24 cm-Geschützes, Länge des Rohres 9,6 m, eine größere Durchschlagskraft besitzt, als ein 525 kg schweres Geschoß eines 25 Kaliber langen 35,5 cm-Geschützes, Länge des Rohres 8,88 m.

Man stieg so allmählich von 15 bis 20 Kaliber langen Rohren auf 35 bis 45 Kaliberlänge. Doch auch mit der Verlängerung der Geschützrohre ist eine Grenze vorhanden, da einesteils die langen Rohre leichter durchbiegen, anderenteils die Züge durch die längere Wirkung der Pulvergase mehr leiden und leichter Anfressungen erhalten. Man ist daher im allgemeinen über 40 Kaliber lange Rohre nicht hinausgegangen.

Mit Bezug auf die Rohrlänge der Geschütze und die hierdurch bedingte Flugbahn des Geschosses unterscheidet man Kanonen, Haubitzen und Mörser. Die Kanonen haben eine Rohrlänge von 15 bis 45 Kaliber und wirken gegen ungedeckte aufrecht stehende Ziele; sie besitzen eine flache, gestreckte Flugbahn, starke Ladung und große Geschoßgeschwindigkeit und bilden fast ausnahmslos die Armierung der Kriegsschiffe gegen gepanzerte sowie ungepanzerte Ziele. Die Mörser, bestehend aus 6 bis 8 Kaliber langen Rohren, mit steiler Flugbahn, großer Elevation und kleiner Ladung, dienen für horizontale meist hinter Deckungen befindliche Ziele, sie haben auf Schiffen nur vereinzelt Verwendung gefunden. Die Haubitzen, welche mit Bezug auf die Kaliberlänge zwischen Kanone und Mörser rangieren, finden vorzugsweise für lebende Ziele Verwendung und sind daher nur für den Festungskrieg von Wert.

Die Geschützrohre gliedern sich dem Äußeren nach in das Verschluß- oder Bodenstück, das Ring- oder Mittelstück, und den Konus oder das lange Feld. Das Verschlußstück nimmt den Verschluß auf; bei den Vorderladungsrohren ist das Bodenstück durch die Bodenschraube abgeschlossen und mit einem Ansatz, der sogenannten Traube, versehen. Das Ringstück besteht aus dem mittleren, meist mit Ringen verstärkten Teil des Rohres und enthält den Schildzapfenring. Das lange Feld schließt sich an das Ringstück an und wird vorn durch die Mündungsfläche begrenzt.

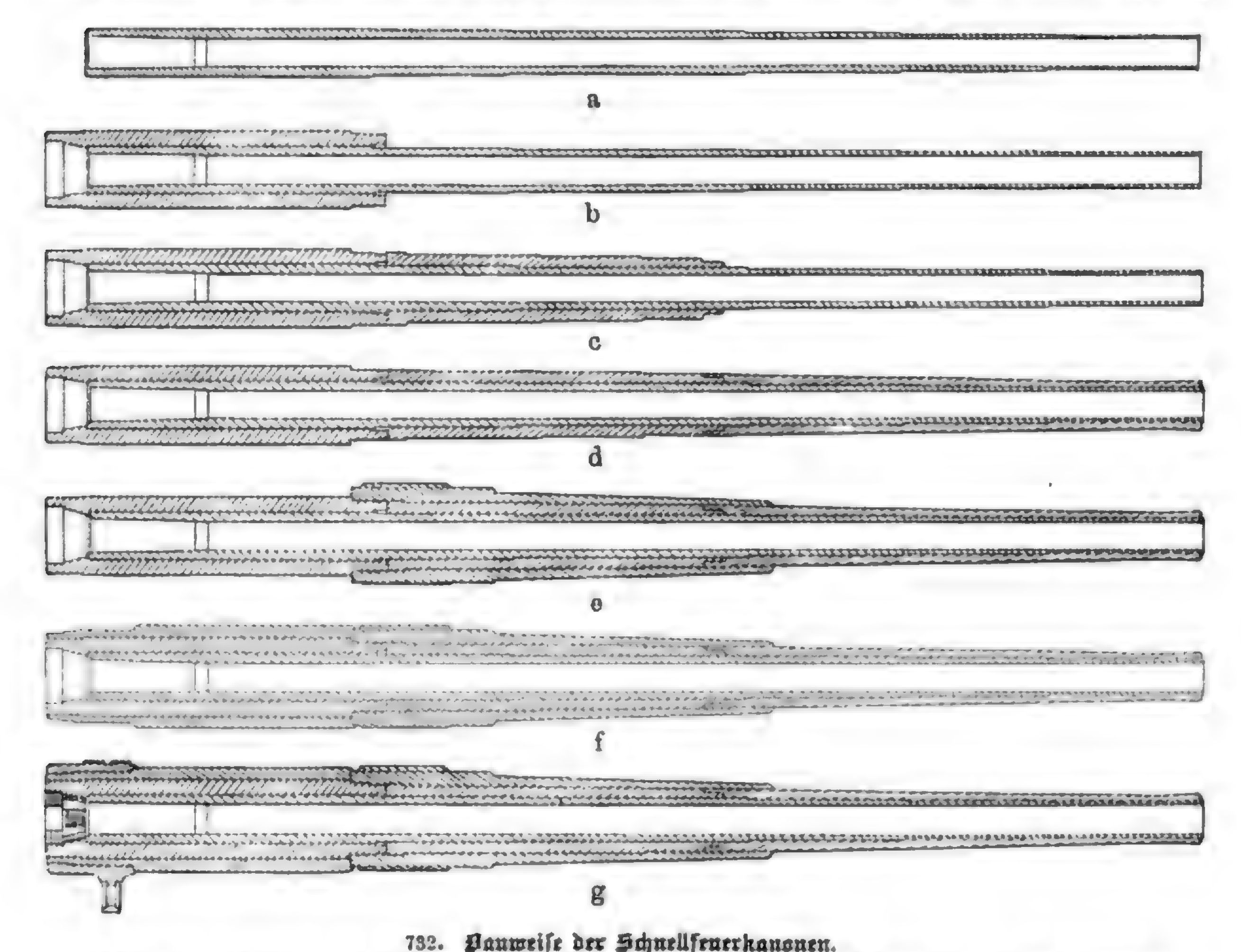
Die Bohrung des Geschützrohres, die Seele genannt, dient zur Aufnahme des Geschosses und der Ladung und gibt dem ersteren Drehung und Richtung. Ihre Mittellinie heißt die Seelenachse, die Seelenweite das Kaliber des Geschützes und die seitlichen Rohrwände heißen Seelenwände; der hintere Abschluß wird Seelenboden genannt. Ist derselbe mit dem Rohrkörper fest verbunden, so daß ein Laden nur von der Geschützmündung d. h. von vorn aus erfolgen kann, so nennt man das Geschütz einen Vorderlader. Erhält der Seelenboden einen beweglichen Verschluß, um das Rohr von hinten laden zu können, so hat man es mit einem Hinterladegeschütz zu thun. Die Seele zerfällt in den gezogenen Teil und den glatten Ladungsraum, welche durch den Übergangskonus verbunden sind. Der gezogene Teil enthält die in die Seelenwände mit Drall eingeschnittenen Züge, welche dem Geschoß mit Hilfe der Geschoßführung die erforderliche Drehung geben. Diese schnelle Rotation der Langgeschosse um ihre Längsachse ist erforderlich, um dem Geschoß eine genügende Stabilität zu geben. Denn ohne solche Drehung würde das Geschoß durch den Luftwiderstand, welcher geneigt zur Geschoßachse wirkt und mit der Resultante aus Geschoßgeschwindigkeit und Fallbeschleunigung nicht zusammenfällt, sich überschlagen.


731. Kruppsche Zugform.

Die Form und die Abmessungen der Züge hängen wesentlich von der Geschoßkonstruktion und der Ladeweise ab. Die früher üblichen Vorderlader verlangten Spielraumgeschosse mit Warzenführung und Expansionsführungsringen, da dieselben durch den gezogenen Teil eingebracht werden mußten. Ihre Führung war daher keine sehr genaue, und die Treffsicherheit der Vorderlader stand daher den Hinterladegeschützen erheblich nach. Letztere verwenden Geschosse mit Pressionsführung. Dieselben besitzen von Anfang an keine Führungsleisten, erst durch das Einschneiden der weichen Führung in die Felder der Züge entstehen die Leisten, welche die Drehung der Geschosse veranlassen. Als Führungsmaterial dient ein in der Nähe des Bodens eingepaßter kupferner Ring von konischer Form mit hinterem Wulst. Um die Bildung der Geschoßleisten auf dem kupfernen Führungsring zu erleichtern, gibt man den Zügen der Seelenwandung schmale Felder und geringe Zugtiefe. Abb. 731 gibt die Kruppsche Zugform wieder, welche sich am besten bewährt hat. Der Drall der Züge, d. h. die Windung derselben um die Seelenachse, ist entweder konstant oder nimmt allmählich zu. Der zunehmende Drall, welcher den Vorteil hat, daß der Druck auf die Geschoßleisten kleiner ist und demnach die Züge weniger stark beansprucht werden, wird meist im hinteren Teil der Seele angewendet und geht dann auf halber Rohrlänge in den konstanten Drall über.

Der Ladungsraum der Geschützbohrung nimmt das Geschoß und die Pulverladung mit entsprechendem Spielraum auf und ist entweder cylindrisch oder konisch geformt; im letzteren Fall geht er direkt in den gezogenen Teil des Rohres über, im ersteren ist der Übergangskonus eingeschaltet. Er gliedert sich in den vorderen, engeren Geschoßraum und den hinteren, weiteren Kartuschraum. Der Geschoßraum erhält bei der Kupferführung meist flache Züge und wird durch den Führungsring des Geschosses beim Laden vom Verbrennungsraum möglichst gasdicht abgeschlossen.

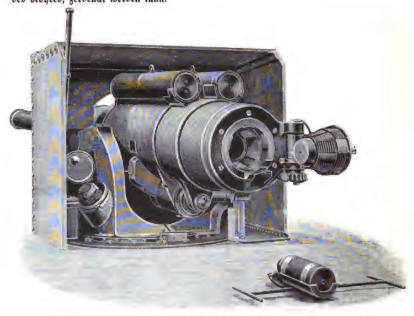
Die Rohrkonstruktion der Schiffsgeschütze ist durchweg eine künstliche Metallkonstruktion, da ein massives Rohr nicht im stande sein würde, den gewaltigen Druck der Pulvergase von 2000 Atmosphären und mehr auszuhalten. Denn die inneren Schichten der Rohrwandung erfahren bei dem plötzlich auftretenden Gasdruck eine größere Beanspruchung



732. Bauweise der Schnellfeuerkanonen.
a Kernrohr, b Kernrohr und Hinterstück, c Kernrohr, Hinterstück und B-Rohr, d Kernrohr mit einer Ringlage, e Kernrohr mit 3 B-Rohren, f Kernrohr mit 2 Ringlagen, g fertiges Rohr.

und stärkere Ausdehnung als die äußeren Teile des Rohres, und eine Vergrößerung der Wandstärke des Rohres allein hat keine nennenswerte Zunahme der Widerstandsfähigkeit des Rohres zur Folge. Um nun die inneren Schichten der Rohrwandung zur Aufnahme des hohen Gasdruckes fähig zu machen, sucht man das Seelenrohr durch einen bedeutenden Druck von außen gewissermaßen unter Druckspannung zu versetzen, welche dann bei dem plötzlich auftretenden Gasdruck erst bewältigt werden muß, ehe die Wandung des Seelenrohres auf Zug beansprucht werden kann. Man erreicht dies durch Aufziehen von warmen Ringen auf das Kernrohr. Durch das beim Erkalten der Ringe entstehende Schrumpfmaß entsteht dann ein Druck auf die Wandung des Kernrohres, welcher durch Rechnung genau vorher bestimmt werden kann. Setzt man nun diese Bauweise durch Aufziehen weiterer Ringe derart fort, daß jeder äußere Ring auf den inneren einen bestimmten Druck ausübt, so kann man die Widerstandsfähigkeit des gebauten Rohres bedeutend steigern, da durch diese Anordnung die Beanspruchung der einzelnen Ringschichten

möglichst gleichmäßig verteilt wird. Dieser Grundsatz, die Widerstandsfähigkeit eines Rohres durch Vermehren der Ringlagen zu steigern, brachte zuerst Longridge auf den Gedanken, das Kernrohr mit dünnem Bandstahl, welcher in bestimmter Spannung gehalten wurde, zu umwickeln und so gewissermaßen eine zahlreiche Beringung von dünner Wandstärke herzustellen. Dieses Konstruktionsprinzip ist neuerdings durch Woodbridge in Amerika, Schultz in Frankreich und Armstrong in England wieder aufgenommen und hat zum Bau einer großen Zahl von Hinterladegeschützen geführt. Es ergibt sich jedoch auch hier eine Grenze, da sonst der Druck auf die innere Lage des Kernrohres so groß ausfallen kann, daß dieselbe in der Ruhelage, d. h. im ungeladenen Zustande des Rohres, zerdrückt werden kann.



733. Schraubenverschluß von Armstrongs 20,3-cm Schnellfeuerkanone in Wiegelafette. Nach „Engineering“.

Je nach der Zahl und Länge der Ringe, welche auf das Kernrohr aufgezogen werden, unterscheidet man verschiedene Arten der künstlichen Metallkonstruktion. So bestehen die Kruppschen Ringrohre aus einem stählernen Kernrohr von verhältnismäßig großer Wandstärke, welches im hinteren Teil den Verschluß aufnimmt und davor durch eine oder mehrere Lagen Ringe verstärkt ist. Bei den Kruppschen Mantelrohren reicht das Kernrohr von der Mündung des Geschützes nur bis zum Keilloch des Verschlusses und wird im hinteren Teil oder in seiner ganzen Länge durch ein Mantelrohr, welches den Verschluß aufnimmt, verstärkt. Wird der Mantel im hinteren Teil noch durch Ringe verstärkt, so entsteht das Mantelringrohr. Abb. 732 zeigt die Bauweise einer modernen 15 cm-Schnellfeuerkanone von Armstrong. Canet in Frankreich baut die schweren Geschützrohre aus einem Kernrohr von verhältnismäßig großer Wandstärke, welches durch zwei Mantelrohre über die ganze Länge verstärkt wird. Die Mantelrohre werden durch den Schildzapfenring verbunden und mit mehreren Ringlagen umgeben. Alle Teile werden genau cylindrisch bearbeitet, um beim Aufziehen gleichmäßig beansprucht zu werden.

Digitized by Google

Der Verschluß des Hinterladerohres hat die Aufgabe, die Bohrung des Geschützes nach dem Einbringen der Ladung abzuschließen; derselbe muß daher einen vollkommen gasdichten Abschluß herstellen und derart zuverlässig und solide eingepaßt werden, daß er den hohen Gasdruck aushalten kann und sicher mit dem Verschlußstück verkuppelt ist. Der gasdichte Abschluß wird mit Hilfe von Liderungen erreicht, welche durch den Druck der Pulvergase zur Wirkung kommen, da ein Aufeinanderschleifen von Metall auf Metall, sowie ein mechanisches Anpressen des Verschlußstückes an den Seelenboden allein bei den hohen Gasspannungen nicht genügt. Am verbreitetsten ist die Liderung von de Bange in Verbindung mit dem Schraubenverschluß, sowie der Broadwell-Ring für den Kruppschen Rundkeilverschluß.

Die Verschlüsse der Hinterladegeschütze gliedern sich nun in der Hauptsache in Keil- und Schraubenverschlüsse. Die Kolbenverschlüsse mit Preßspanliderung, sowie die Doppelkeilverschlüsse mit Kupferliderung sind veraltet.

Der von Krupp eingeführte und zur Zeit noch für alle Kaliber gebräuchliche Rundkeilverschluß in Verbindung mit dem Broadwell-Ring hat sich tadellos bewährt.

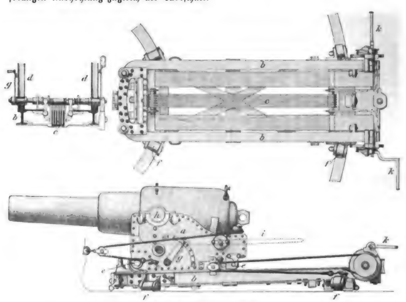
Der Schraubenverschluß besteht in der Hauptsache aus einer Verschlußschraube, deren Schraubengewinde an drei Stellen auf $^1/_6$ des Umfanges gleichmäßig verteilt, bis auf den Kern weggeschnitten ist, während das in das hintere Ende der Bohrung eingeschnittene Muttergewinde in gleicher Weise durch glatte Einschnitte unterbrochen ist, derart, daß die Lücken in dem Gewinde der Verschlußschraube beim Ein- und Ausbringen derselben in die stehen gebliebenen Gewindegänge des Rohres passen. Zum Schließen und Öffnen des Verschlusses genügt daher nur eine Drehung der Verschlußschraube um 60°. Die größere Verschlußschraube wurde anfänglich durch eine Konsole aufgenommen und mit derselben zur Seite gedreht, später wählte man eine Verschlußthür, welche durch einen Riegel eine besondere Sicherung erhielt.

734. Automatischer Verschluß von Canet für Schnellfeuerkanonen. Nach „Engineering".

Armstrong hat eine Verschlußschraube von hinten cylindrischer, vorn stark konischer Gestalt eingeführt, welche auf dem Cylinder und dem Konus mit je einem besonderen Gewinde versehen ist, die gegeneinander versetzt sind. Hierdurch kommt einesteils ein größerer Teil des Rohrquerschnitts in Eingriff mit dem Verschluß, anderseits wird die Spannung auf den ganzen Umfang der Verschlußschraube verteilt. Die Handhabung erfolgt allein durch Drehung eines Hebels, welcher auf einem vertikalen Zapfen an der Thür gelagert ist. Bei der ersten Drehung um 90° wird mittels einer Lenkstange und eines Gleitstückes die Verschlußschraube um 60° gedreht und gelöst,

bis das Gleitstück an einen Ansatz der Thür zum Anliegen kommt. Beim weiteren Drehen schwenkt die Lenkstange die Thür mit dem Verschluß zur Seite, bis die Seele zum Laden frei wird.

Bei dem neuesten Canetschen Verschluß hat der Verschlußblock die Form einer halben Scheibe, in deren Endfläche kreisförmige Rillen eingeschnitten sind. In gleicher Weise sind die ebenen Seitenwände des hinteren Rohrendes mit kreisförmigen Rillen versehen, in welche das Verschlußstück eingedreht und gegen das Herausdrehen durch eine in dem Handhebel befestigte Schraube verblockt wird. Zum Öffnen und Schließen des Verschlusses genügt nur eine Drehung desselben um 90° mittels des Handhebels; das Öffnen erfolgt nach Lösen des Sperrriegels infolge des Übergewichts des Hebels sogar selbstthätig. Bei geöffnetem Verschluß dient der Verschlußblock infolge der halbkreisförmigen Aushöhlung zugleich als Ladeschale.

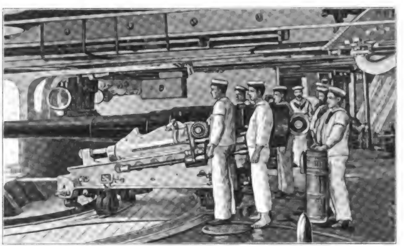


735. Rahmenlafette von Armstrong mit Lamellenbremse.

a Oberlafette, b Lafettenrahmen, c Lamellenbremse, d Lafettenwände, e Rollen, f Laufrollen, g Bremshebel, h Schildzapfenlager, i Höhenrichtmaschine, k Seitenrichtmaschine.

Mit der Verbesserung der Geschützkonstruktion und der Steigerung der Durchschlagskraft der Geschosse nach Einführung der langen Rohre ging nun die Lafettenkonstruktion Hand in Hand. Die anfänglichen primitiven hölzernen Lafetten der glatten Geschützrohre wurden mit Einführung der gezogenen Rohre durch Eisenkonstruktionen ersetzt und besondere Bremsvorrichtungen angeordnet, um den Rückstoß des Geschützes zu mildern. Es entstanden so zuerst in England die Rahmenlafetten mit Lamellenbremse, welche beim Rücklauf des auf der Oberlafette gelagerten Geschützes in Thätigkeit tritt. Um dem Geschütz Seitenrichtung zu geben, wurde der Rahmen auf Laufrädern um einen im Drempel der Geschützpforte gelagerten Pivotbolzen geschwenkt (Schwenkrahmenlafette). Später verlegte man den Pivotbolzen in die Mitte des Rahmens, um das Schwenken bezw. Drehen desselben zu erleichtern, und man gelangte so zur Mittelpivotlafette, welche den Ausgangspunkt zu den heutigen Lafettenkonstruktionen bildet.

Digitized by Google



786. Rahmenlafette von Vavasseur.

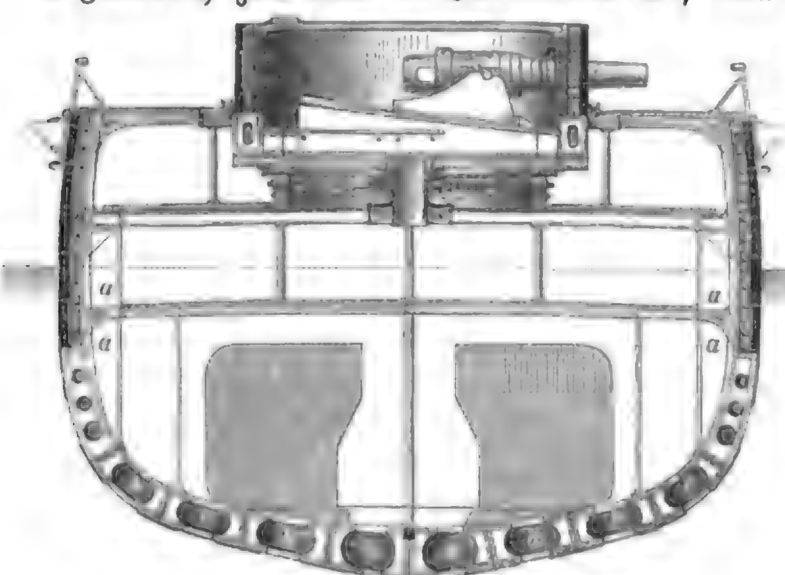
787. Krupps Mittelpivotlafette mit Schutzschild.

Die weitere Entwickelung der Schiffslafette entsprach nun dem stetigen Wachsen der Geschützkaliber und Rohrgewichte, sowie dem Steigern der Geschoßgeschwindigkeiten, wodurch einesteils die Bremsen zur Begrenzung des Rücklaufs vervollkommnet wurden, anderenteils die Zahl der schweren Geschütze eingeschränkt werden mußte, zumal die Aufstellung derselben in Türmen hinter Panzerschutz notwendig wurde. Die ersten Panzertürme wurden für Monitors und Turmschiffe nach dem System von Ericsson und Coles erbaut. Mit dem Wachsen der Geschützkaliber bis zu 42 cm bei einem Rohrgewicht von 110 Tonnen ging man in England zu besonderen Turmkonstruktionen über. Der geschlossene Panzerturm ruht mittels eines Rollenkranzes von konischen Rollen auf einem entsprechenden Unterbau, welcher mit den Bewegungsmechanismen durch eine gepanzerte Citadelle geschützt ist. Der Turm bildet mit seinem Boden gewissermaßen den Schwenkrahmen des Geschützes und nimmt die Oberlafette des Geschützes auf, welche

Digitized by Google

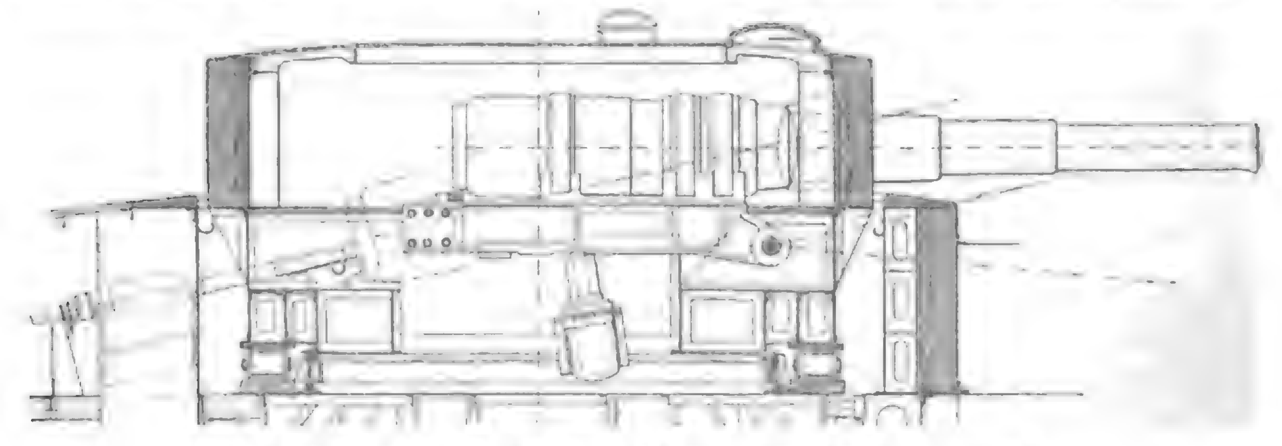
anfänglich in Anlehnung an die Rahmenlafette konstruiert wurde. Die Drehung des Turmes erfolgt mittels Zahnkranzes durch ein Rädergetriebe, welches mit der Hand oder durch eine Dampfmaschine getrieben wird.

Die bedeutenden Gewichte der geschlossenen Panzertürme, bis zu 400 Tonnen, die geringe Höhe des Geschützstandes, die durch die Geschützpforte beschränkte Elevation des Geschützes, sowie die Beschränkung des Gesichtsfeldes für das Richten der Geschütze führten in Frankreich zum Bau der **Barbettetürme**, oben offener Panzerwälle, über welche die Geschütze über Bank feuern. Bei diesen Türmen bildet die innerhalb der Panzerwand gelagerte Drehscheibe den Rahmen, auf welchem meist zwei Oberlafetten für zwei Geschütze mit parallelen Rohrachsen aufgestellt sind — Drehscheibenlafette. Die Lagerung sowie Bewegung der Drehscheibe erfolgt in ähnlicher Weise, wie bei den geschlossenen Türmen. Zum Schutz der Lafette und der Bedienungsmannschaft fügte man später Schutzhauben hinzu, welche an der Drehscheibe befestigt waren und welche den Vorteil des freien Gesichtsfeldes teilweise beseitigten. Auch ergab sich ein umständlicher Munitionstransport, da durch die langen Hinterladegeschütze ein besonderer Panzerschacht für den Munitionstransport erforderlich wurde und das Laden der Geschütze nur in der Längsachse des Schiffes erfolgen konnte.



738. Hauptspant des Turmschiffes „Preußen" mit Panzerturm nach Coles.

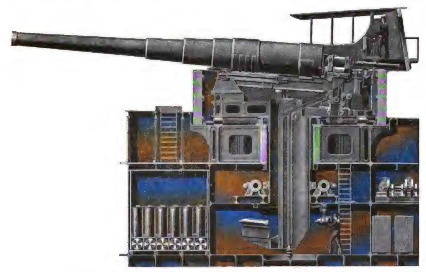
Das Manövrieren mit den schweren Geschützen, sowie mit den schweren geschlossenen Panzertürmen erforderte nun stetig wachsende Kräfte, welche für einen schnellen und sicheren Betrieb mit der Hand nicht mehr zu bewältigen waren. Es wurden hydraulische Motoren zu Hilfe genommen, welche für das Nehmen der Höhen- und Seitenrichtung des Geschützes, für das Ein- und Ausrennen desselben in Verbindung mit der Rücklaufbremse, zum Laden, zum Bewegen des Verschlusses, sowie für den Munitionstransport Verwendung fanden. Auch suchte man durch Einführung der Schlittenlafette eine minimale Geschützpforte zu erzielen und durch den Rücklauf des Geschützes in der Feuerlinie den Rückstoß fast ganz auf die Rücklaufsbremse zu übertragen.



739. Panzerturm von Armstrong, Schlittenlafette. Nach „Engineering".

Mit dem allmählichen Verschwinden der Monstregeschütze ist man auch von den hydraulischen Geschützanlagen zurückgekommen, und neben dem Handbetrieb hat sich die

Benutzung elektrischer Motoren mehr Bahn gebrochen, um so mehr, als letztere Einrichtung den Übergang zum Handbetrieb bei Beschädigungen der Leitung sehr erleichtert. Bei allen Lafettenkonstruktionen bildete jedoch die Rücklaufbremse, die nunmehr allgemein als hydraulischer Cylinder ausgebildet wurde, den wichtigsten Teil, da gerade von ihrer Wirkungsweise die Haltbarkeit und Sicherheit der Lafette abhängig ist. Sie müssen möglichst so eingerichtet sein, daß sie den Rücklauf des Geschützes selbstthätig derart begrenzen, daß dasselbe ohne merklichen Stoß zur Ruhe kommt und hierdurch die einzelnen Teile der Lafette und des Unterbaues vor Stößen bewahrt werden. Neben Vavasseur haben Krupp und Canet für die hydraulische Bremse mannigfache Konstruktionen eingeführt und die Anordnung derselben zwischen Ober- und Unterlafette derart verbessert, bis Canet mit der sogenannten Wiegelafette sämtliche bisherigen Lafettenkonstruktionen, im besonderen für mittlere und leichtere Artillerie, aus dem Felde schlug.



740. 32cm-Canet-Geschütz in Barbetteturm mit zentraler Geschoßzuführung. Nach „Engineering".

Bei der Wiegelafette erfolgt der Rücklauf des Geschützes in der Feuerlinie desselben, so daß die hydraulischen Bremsen den ganzen Stoß aufnehmen und die Decks und Unterbauten entlasten; außerdem wird das Bucken der Oberlafette, welches leicht das Schußresultat beeinträchtigt, beseitigt. Dagegen müssen besondere Vorkehrungen eingeschaltet werden, um das Geschütz nach dem Schuß selbstthätig in die Schußstellung ausrennen zu lassen. Hierzu verwendet man starke Federn, welche beim Rücklauf des Geschützes zusammengepreßt werden. Das Geschütz ruht hierbei in einer Wiege, welche mit Schildzapfen versehen ist und ähnlich den früheren Geschützen zur Erlangung der Höhen- und Seitenrichtung eingestellt werden kann, während die hydraulischen Bremsen, meist zwei, und die Ausrennfedern zwischen Wiege und Geschütz eingeschaltet sind. Die Wiegelafette bietet nun dadurch, daß die Visiereinrichtung an der nicht am Rücklauf teilnehmenden Wiege befestigt ist, den großen Vorzug, daß der Zielende den Zielpunkt ständig im Auge behalten kann, was bei den schnell aufeinander folgenden Schüssen der Schnellladekanonen von großer Wichtigkeit ist. Auch wird die Öffnung der Schießscharte bei Aufstellung hinter Panzerschutz eine minimale.

Digitized by Google

Mit den Verbesserungen der Lafettenkonstruktionen ging nun mit Einführung der Schnellfeuergeschütze eine Vervollkommnung des **Munitionstransportes** Hand in Hand, da die Erhöhung der Feuergeschwindigkeit eine schnelle und sichere Geschoßzuführung bedingte. Auch wurde es zur Notwendigkeit, eine Ladung des Geschützes in jeder Backsrichtung bewirken zu können, und so trat an Stelle der früheren Taljen zum Heißen der Munition von den Munitionskammern nach dem Geschützdeck und dem nach dem System der Fahrstühle konstruierten Munitionsaufzuge, für jedes Geschütz eine zentrale Geschoßzuführung. Dieselbe wurde zuerst von Canet für die schweren Turmgeschütze eingeführt; sie steht meist in Verbindung mit der Aufstellung der Geschütze in einem Drehturm und bildet alsdann die hohle Pivotsäule den Schacht für den Munitionstransport, welcher meist nach Art der Paternosterwerke ausgeführt wird.

741. Geschützturm für Schnellfeuerkanone von Canet.

Die Einführung der **Schnellfeuerkanonen** in die Kriegsmarine datiert aus dem Jahre 1873, nachdem die Mitrailleuse im Deutsch-französischen Kriege durch ihr Schnellfeuer Aufsehen erregt hatte. Die älteren Maschinenkanonen von **Hotchkiß**, **Gatling**, **Gardner** und **Nordenfelt**, welche ein Schnellfeuer von 15 bis 30 Schuß pro Minute gestatteten, lehnen sich an die Konstruktion der Mitrailleuse an. Sie bestehen wie diese aus einem Rohrbündel von 5 bis 10 Läufen, welches mittels Kurbel beim Schießen in Drehung versetzt wird, so daß jeder Lauf immer erst bei jedem fünften bezw. zehnten Schuß in Thätigkeit kommt, und hierdurch eine zu starke Erwärmung des Laufs vermieden wird. Diese Maschinenkanonen wurden zunächst zur Bekämpfung der Torpedoboote verwendet, zeigten jedoch wegen der Erschütterung des Laufes durch das Drehen des Rohrbündels keine günstige Treffwahrscheinlichkeit. Als sich daher das Schnellfeuer der Schiffsgeschütze nicht allein zur Abwehr von Torpedobooten, sondern auch für den Fernkampf der Schlachtschiffe als wünschenswert ergeben hatte, war man bestrebt, besondere Schnellfeuerkanonen einzuführen, welche neben dem Vorteil der

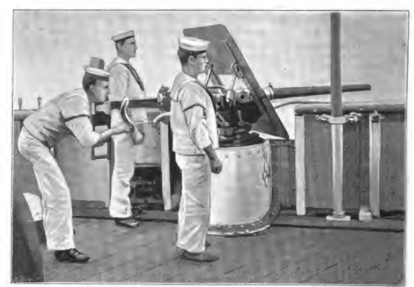
742. 15 cm-Armstrong-Schnellfeuerkanone mit Wiegelafette in gepanzerter Kasematte.

größeren Feuergeschwindigkeit eine sichere Lafettierung und größere Treffwahrscheinlichkeit gewährten. Und so entstand zwischen den Geschützfabriken ein heftiger Wettstreit, um durch Verbesserung der Rohr-, Lafetten- und Verschlußkonstruktion Kanonen, zunächst bis zu 15 cm Kaliber, herzustellen, welche im stande waren, 8 bis 12 Schuß pro Minute abzugeben, und mit welchen man die ungeschützten Teile der Schlachtschiffe zerstören und die Bedienungsmannschaften der Geschütze kampfunfähig machen wollte. Da die schweren Geschütze der Panzerschiffe nur alle vier Minuten einen Schuß abgeben konnten, so ergab sich ein bedeutender Vorsprung zu gunsten der Schnellfeuerkanonen.

743. Revolverkanone.

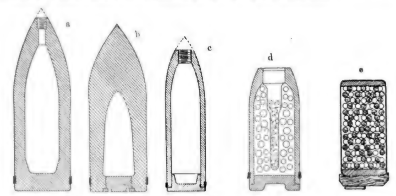
Die besondere Eigenart und Neuheit der Schnellfeuerkanonen besteht nun in der sogenannten Einheitspatrone, d. h. Geschoß und Pulverladung sind wie beim Gewehr zu einer Patrone vereinigt; durch diese Anordnung wird einerseits das Laden verkürzt, da die Metallhülse die Zündung in besonderer Kapsel enthält, und ein Auswischen und Reinigen des Rohres nach jedem Schuß entbehrlich, da die Patronenhülse den gasdichten Abschluß besorgt, der Ladungsraum gegen Ausbrennen geschützt ist und keine glimmenden Teile zurückbleiben. Bei den schwereren Kalibern von 15 cm aufwärts, bei welchen eine Einheitspatrone zu große Abmessungen annehmen würde, ist man zur Trennung von Geschoß und Ladung übergegangen, getrennte Ladung, doch hat man für die Kartusche die Patronenhülse beibehalten. Der Verschluß der Schnellfeuerkanonen, Schraubenverschluß nach Armstrong oder Canet, Rundkeilverschluß nach Krupp oder Fallblockverschluß nach Hotchkiß, ist derart vervollkommnet, daß seine Bedienung möglichst schnell und sicher von einem Mann ausgeführt werden kann und zugleich das Herauswerfen der leeren Patronenhülse nach dem Schuß selbstthätig besorgt wird. Bei einigen Schnellfeuerkanonen erfolgt das Öffnen des Verschlusses selbstthätig nach beendetem Rücklauf beim Ausrennen des Rohres; bei anderen wird das Schießen und Öffnen des Verschlusses, das Spannen

744. Maschinenkanone von Maxim.



745. Schnellfeuerkanone.

des Schlagbolzens und die Bewegung des Ausziehens durch den Druck der Pulvergase oder durch Drehen einer Kurbel bewirkt. Diese Arten von Schnellfeuerkanonen nennt man allgemein Maschinenkanonen. Die Entzündung der Ladung erfolgt entweder mittels Schlagbolzen oder elektrisch. Die Maschinenkanone von Maxim besteht aus einem Rohr mit Wasserkühlung. Die Feuerschnelligkeit wird durch einen selbstthätig wirkenden Verschluß erzielt, indem mit Hilfe des Drucks der Pulvergase das Öffnen des Verschlusses, die Zuführung der Patrone, das Laden, das Schließen und Abfeuern besorgt wird. Das Zufahren der Patrone erfolgt mittels Gurtband. Ist der erste Schuß aus der Hand abgefeuert, so kann das Geschütz ununterbrochen weiter schießen und braucht der Geschützführer die Kanone mittels des Schulterstücks nur auf das Ziel einzustellen.

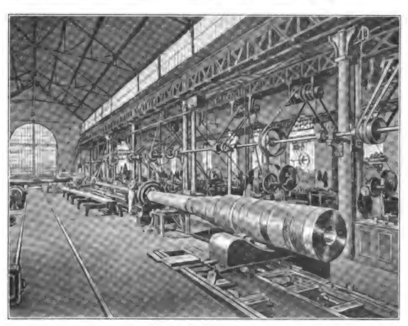


746. Geschosse.
a Stahlgranate, b Hartgußgranate, c Sprenggranate, d Shrapnel, e Kartätsche.

Digitized by Google

Die schwereren Schnellfeuerkanonen von 8,8 cm bis 20 cm Kaliber besitzen eine Feuergeschwindigkeit von 15 bis 4 Schuß pro Minute. Als Lafette wird allgemein die Wiegelafette benutzt, um das Ziel stets im Auge behalten zu können. Das Nehmen der Höhen- und Seitenrichtung erfolgt bei den leichteren Kalibern bis 4,7 cm mittels des Schulterstücks, bei den mittleren 8,8 cm bis 15 cm mittels Schneckenradgetriebe, und in letzterem Fall bewegt sich der Geschützführer, auf einem Sattel reitend, mit der Lafette.

Die Munition der Schiffsgeschütze umfaßt die Geschützladungen und die Geschosse. Die Ladungen bestehen aus Kartuschen, Beutel aus Seidentuch, welche mit dem Treibmittel der Geschosse — Pulver, Cordite, Ballistit u. s. w. — gefüllt sind. Für die schweren Kaliber verwendet man zwei Kartuschen, sogenannte Halbkartuschen, die hintereinander eingeführt werden. Der Boden der Kartuschen ist mit Stramin ausgelegt und erhält in



747. Kanonenwerkstatt. Einschneiden von Zügen.

der Mitte ein Loch zum Durchschlagen der Zündnadel. Neuerdings verwendet man allgemein Metallhülsen, welche bei den Schnellfeuerkanonen entweder mit dem Geschoß zur Einheitspatrone vereinigt werden oder bei getrennter Ladung mit einer Deckplatte abgeschlossen werden.

Die Geschosse unterscheidet man nach ihrer Form in Rund- und Langgeschosse, nach der Ausführung in Voll- und Hohlgeschosse. Hohlgeschosse mit Sprengladung nennt man Granaten oder bei glatten Mörsern Bomben, solche mit einer größeren Zahl von Kugeln aus Hartblei, mit Harz vergossen und geringer Sprengladung versehen, Shrapnels. Die Sprengladung wird entweder am Geschoßboden, in der Mitte oder am Kopf angebracht und dient dazu, die Geschoßwandung zu zertrümmern. Besteht die Geschoßhülle aus Blech, so daß sie schon im Rohr durch den Gasdruck zertrümmert wird, so nennt man das Geschoß eine Kartätsche. Shrapnels und Kartätschen, sogenannte Streugeschosse, finden nur gegen lebende Ziele Verwendung.

Digitized by Google

Die Konstruktion der Geschosse bedingt genügende Haltbarkeit gegen den Druck der Pulvergase, hinreichende Festigkeit und Zähigkeit beim Auftreffen auf Panzerziele, günstige Geschoßform zur Überwindung des Luftwiderstandes sowie Zündvorrichtungen, um die Sprengladung der Granaten und Shrapnels zur Explosion zu bringen. Als Material verwendet man für Granaten vorzugsweise Gußeisen und zwar als Hartguß. Die Panzergranaten werden aus geschmiedetem und gehärtetem Stahl gefertigt und erhalten neuerdings besondere Geschoßkappen von weichem Stahl, um das Durchschlagen des Panzers zu begünstigen. Auch werden dieselben mit Pulver als Sprengladung versehen, welches sich beim Auftreffen des Geschosses durch die Reibung an der Geschoßwandung von selbst entzündet. Um die Wirkung der Explosion zu erhöhen, füllt man die aus Stahl gefertigten hohlgeschmiedeten Granaten mit detonierendem Sprengstoff — Schießbaumwolle, Nitroglycerin, Melinit — und es wurden Verzögerungszünder eingeführt, welche die Detonation der Sprengladung erst vollziehen, wenn die Granate das Ziel ganz oder teilweise durchschlagen hat. Die Geschoßwandungen werden dabei nur gerade so dick hergestellt, daß die Granaten beim Abfeuern der Geschütze nicht in Stücke gehen. Besonders eignen sich derartige Geschosse für Haubitzen und Mörser, welche eine geringe Anfangsgeschwindigkeit und kleine Ladungen aufweisen.

Schiffspanzer.

Die Geschichte der Schiffspanzer hängt mit der Entwickelung der Marineartillerie seit Einführung der Bombenkanone und der gezogenen Geschütze eng zusammen. Der Schiffspanzer erhielt, wie wir im vorigen Kapitel gesehen haben, bei der Beschießung von Kinburn seine Feuertaufe und veranlaßte bereits im Jahre 1858 den Bau des ersten Panzerschiffes, der „Gloire“, welchem kurz darauf die Schwesterschiffe „Normandie“, „Invincible“ und „Couronne“ folgten. Diese Schiffe wurden aus Holz erbaut und erhielten über die ganze Länge einen Eisenpanzer von 120 mm Dicke. Die Platten wurden auf der äußeren Holzbeplankung mit starken eisernen Holzschrauben in einfachster Weise befestigt. England folgte alsbald mit dem Bau zweier Panzerschiffe, „Warrior“ und „Black Prince“, welche aus Eisen hergestellt wurden. Sie erhielten Panzerplatten von 114 mm Dicke, welche auf einer doppelten Lage von Teakholz von 450 mm Stärke gelagert und durch starke eiserne Bolzen an der eisernen Schiffswand befestigt waren. Die Holzhinterlage sollte dem Panzer eine elastische Auflage bieten. Später begnügte man sich mit einer Lage Holz, und hieran hat man bis in die neueste Zeit festgehalten. Die Panzerstärke schwankte, der Durchschlagskraft der damaligen Geschütze entsprechend, längere Zeit zwischen 114 und 150 mm. Als indessen die Marineartillerie dem Panzer Geschütze von größerem Kaliber und erheblich vermehrter Durchschlagskraft entgegenstellte, mußte man daran denken, einesteils die Panzerstärken zu vermehren, anderenteils die Herstellungsweisen und das Material der Platten zu verbessern. An Stelle der geschmiedeten Panzerplatten traten die viel homogener herzustellenden *gewalzten* Platten, und man steigerte die Dicke stetig, bis sich auch hier allmählich eine Grenze bot. Als man durch die unausgesetzt gesteigerte Leistungsfähigkeit der Geschütze das Stärkenmaß der Panzerplatten über 250 mm erhöhen wollte, zeigte es sich, daß dieselben eine auffallende Sprödigkeit aufwiesen, so daß sie schon nach einem Schuß aus einem schweren Geschütz zersprangen.

Das anfängliche Streben, mit Hilfe der Panzerplatten die Granaten davon abzuhalten, die Schiffswände zu durchschlagen und ihre verderbenbringende Wirkung in das Schiffsinnere hineinzutragen, mußte daher bald dahin ergänzt werden, den Walzeisenplatten neben möglichst großer absoluter Widerstandsfähigkeit gegen die lebendige Kraft der aufschlagenden Geschosse auch eine genügende Weichheit und Zähigkeit zu verleihen, um zu verhüten, daß sie bei mehrfachem Getroffenwerden nicht zu Bruch gingen und eine gefahrbringende Bresche verursachten. Da die Fortsetzung des Kampfes zwischen Artillerie und Panzer stetig größere Panzerstärken erforderte, so entschloß man sich, statt einer Platte von größerer Dicke deren zwei von geringerer Stärke hintereinander zu lagern, und dieselben durch eine Holzzwischenlage voneinander zu trennen, das sogenannte

Sandwichsystem. Da die Widerstandsfähigkeit einer Panzerplatte gegen das Durchschlagenwerden mit dem Quadrat ihrer Dicke wächst, so bedingte das Sandwichsystem fraglos eine relative Schwächung des Panzers; dieselbe wurde indessen um so unbedenklicher mit in den Kauf genommen, als die bessere Qualität jeder einzelnen Platte den Verlust zum großen Teil wieder einbrachte. Ein Beispiel des Sandwichpanzers haben wir in den deutschen Panzerschiffen der Sachsenklasse, deren Panzerung aus 254 mm plus 152 mm dicken Walzeisenplatten besteht, die in Dillingen gefertigt sind. Die Herstellung dieser Schweißeisenplatten erfolgte in der Hauptsache derart, daß zwischen zwei äußeren, 80 mm starken Deckplatten Schweißeisenpakete aufgeschichtet wurden. Das Ganze wurde in einem Glühofen auf Schweißhitze gebracht und dann unter einer schweren Walze geschweißt und auf die richtige Dicke heruntergewalzt. Um die Materialspannungen zu entfernen, wurden die Platten nach dem Walzen ausgeglüht.

Als mit Hilfe des Sandwichpanzers der verlangte Schutz auch selbst von den vitalsten Teile des Schiffes nicht mehr erreicht werden konnte — durch die Vermehrung der Plattenzahl ergab sich überdies ein erhebliches Mehrgewicht an Panzer — suchte man durch Verbesserung des Panzermaterials die Überlegenheit wieder auszugleichen. Bahnbrechend wirkte hierbei Schneider in Creuzot, welcher bereits im Jahre 1876 für eine Vergleichsbeschießung von Panzerplatten auf dem Schießplatz von Muggiano eine 550 mm starke Stahlplatte zur Verfügung stellte. Bei diesem Schießversuch konkurrierten neben der Schneiderschen Platte ebenso starke englische und französische Walzeisenplatten sowie ein Sandwichpanzer, welcher aus 250 plus 300 mm starken Platten bestand. Alle drei Panzersorten wurden der Einzelbeschießung sowie dem konzentrierten Salvenfeuer aus 25 cm und 28 cm Armstronggeschützen unterworfen, und schließlich wurde noch die 100 Tonnen-Armstrongkanone von 43 cm Bohrung gegen dieselben ins Feld geführt. Während die 550 mm dicken soliden Walzeisenplatten von dem 1000 kg schweren Geschoß dieses Geschützes glatt durchschlagen wurden und die Platte selbst in Stücke ging, auch die Sandwichplatten mit Kraftüberschuß durchschossen wurden und die äußere 300 mm dicke Platte zu Bruch ging, ließ die Stahlplatte von Schneider das Geschoß nicht durch, ging aber ebenfalls vollständig zu Bruch.

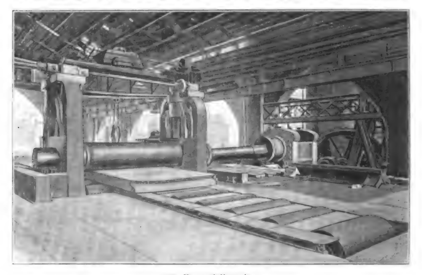
Die Überlegenheit des Stahls gegenüber dem Schweißeisen war hiermit klargestellt, jedoch erregte die große Neigung des Stahls zum Reißen ernste Bedenken, und so war das weitere Streben dahin gerichtet, diesen Fehler der Stahlplatten zu beseitigen. Es wurden zur Erreichung dieses Zieles zwei getrennte Wege eingeschlagen. In England kam die Firma Cammel & Co. in Sheffield auf den glücklichen Gedanken, Stahl und Eisen in einer Panzerplatte durch Schweißung zu vereinigen. Man nannte diesen Panzer daher auch den Compoundpanzer. Der Zweck dieser Vereinigung war der, daß man die außen liegende, harte Stahlplatte zur Zurückweisung und Zertrümmerung des aufreffenden Geschosses nutzbar machen wollte, wogegen die größere Zähigkeit und Weichheit der schmiedeeisernen Grundplatte die etwa reißende Stahlplatte zusammenhalten sollte. Die Fabrikation dieser Compoundplatten nach dem Patent von Alex. Wilson dieser Firma besteht darin, daß auf eine auf Rotglut erhitzte Eisenplatte, welche auf einer gußeisernen Bettung gelagert und mit gußeisernen Leisten umgeben ist, flüssiger Stahl aufgegossen wird, wobei die wesentlich höhere Temperatur des Stahls gegenüber der

748. Panzerung der deutschen Ausfall-Panzerkorvette „Sachsen“.

Digitized by Google

Rotglühhitze des Eisens sich der Oberfläche des letzteren mitteilt und die Zusammenschweißung beider Metalle ohne äußeren Druck herbeiführt. In ähnlicher Weise begann die Sheffielder Konkurrenzfirma John Brown & Co. die Herstellung von Compoundpanzern nach dem Patent Ellis. Ellis erzeugt eine Grundplatte von Schmiedeeisen und eine Deckplatte von weichem Stahl und geringerer Dicke. Beide Platten werden, auf Rotglut erhitzt, in eine gußeiserne Gußgrube derart eingebracht, daß zwischen beiden Platten ein Spielraum von etwa 125 mm verbleibt. In diesen Spielraum wird nun flüssiger Stahl gegossen und nach dem Erkalten auf Rotglut wird dann die ganze Masse herausgenommen und unter der Walze bearbeitet.

Die Compoundplatten entsprachen den gehegten Erwartungen vollkommen und wiesen nach der Beschießung auch mit großen Kalibern keine oder nur unbedeutende Risse durch die ganze Platte hindurch auf. Die englische Admiralität führte daher den Compoundpanzer sehr bald allgemein ein. In der deutschen Marine fand derselbe



749. Panzerplattenwalze.

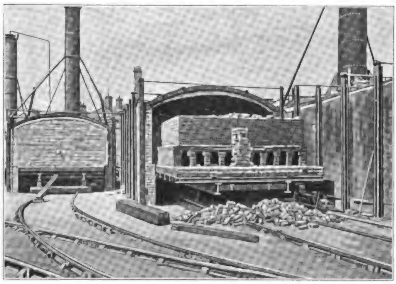
zuerst bei dem Panzerschiff „Oldenburg" Verwendung, und waren die Compoundplatten von der Dillinger Hütte nach dem Patent Ellis hergestellt.

Schneider in Creuzot blieb jedoch seinem System, dem reinen Stahlpanzer, treu und konnte durch Verbesserung seiner Fabrikationsmethoden sehr bald den Kampf mit Compoundplatten aufnehmen. Auch dieses Mal war es wiederum die italienische Regierung, welche auf dem Schießplatz zu Muggiano Vergleichsversuche zwischen Stahl- und Compoundpanzer veranstaltete. Es trat eine Stahlplatte von Schneider mit je einer Compoundplatte von Cammel und Brown in Wettbewerb. Alle Platten waren 480 mm dick und besaßen eine Länge von 3,3 m bei 2,62 m Höhe. Die Platten wurden von einem 100 Tonnen-Armstrongvorderlader beschossen, dessen Geschosse im Durchschnitt 900 kg wogen. Während die Compoundplatten durch den zweiten Schuß vollkommen zerstört wurden, zeigte die Stahlplatte von Schneider nur fünf bis sechs unbedeutende Risse und ging erst durch den vierten Schuß zu Bruch. — Zur Herstellung der stählernen Panzerplatten verwendet Schneider Siemens-Martin-Stahl. Das Gewicht der Ingots im Verhältnis zur fertigen Platte beträgt 1,9 zu 1. Die Stahlingots werden alsdann in Gasöfen erhitzt und unter einem 100 Tonnen Dampfhammer oder unter hydraulischen

Digitized by Google

Pressen ausgeschmiedet. Das Ausschmieden erfordert bei Tag- und Nachtarbeit acht bis zehn Tage. Ist die Platte auf Maß beschnitten, so erfolgt das Härten durch Eintauchen der angewärmten Platte in ein kaltes Ölbad. Nach dem Härten wird die Platte nochmals angewärmt und allmählich erkalten gelassen.

Vom Jahre 1890 an begann nun ein neuer Aufschwung in der Panzerplattenfabrikation durch die Einführung des Nickelstahls. Ein Zusatz von Nickel zum Stahl brachte nicht allein eine bedeutende Steigerung der Festigkeit mit sich, sondern erhöhte auch die Dehnung des Materials wesentlich, so daß die Gefahr des Reißens der Platten wesentlich herabgemindert wurde. Ferner konnte beim Nickelstahl der Härteprozeß für die Außenfläche des Panzers derart gesteigert werden, daß dieselbe eine diamantharte Oberfläche erhielt. Tresidder in England nahm ein Patent auf Härten von Nickelstahlplatten durch Abschrecken mit Hilfe von zahlreichen Wasserbrausen unter hohem Druck.



750. Zementierofen für Panzerplatten.

Hierbei ist die Gewalt der Wasserstrahlen so groß, daß sie den auf der heißen Platte sich entwickelnden Dampf durchdringen und die ganze Oberfläche der Platte benetzen. Harvey in Amerika erzielte dagegen die Härtung der Homogenstahlplatte auf der Stirnfläche durch einen Zementierprozeß. Hierbei wird die fast fertig bearbeitete Platte in einem großen Gasofen auf einen Wagen ruhend gebracht, auf der oberen Fläche mit Holzkohlenstaub oder einer dicken Schicht Tierkohle bedeckt und dann auf eine Dauer bis zu 14 Tagen einer Glühhitze von 1200° C. ausgesetzt. Hierdurch geht der Kohlenstoff in die oberen Schichten der Platte über und gibt dieser eine größere Härte als der unteren Schicht. Die Härteschicht erhält eine Dicke von 5 bis 15 mm und geht allmählich in die weiche, hintere Lage über. Da der Zementstahl durch den Zementierprozeß ein grobblätteriges, krystallinisches Gefüge erhält, so werden die Platten nach dem Zementieren ausgeglüht und durch ein Ölbad vergütet. Für Nickelstahl ist nun das Zementieren insofern günstiger, als die Härtung tiefer in die Platte eindringt. Neben dem Harvey-Verfahren hat nun neuerdings nach dem Vorgang von Schneider in Creuzot die Verwendung von Leuchtgas anstatt Kohlenstaub allgemeinen Eingang gefunden, da das Leuchtgas bei starker Erhitzung seinen Kohlenstoff in feinster Teilung abscheidet, welcher

Digitized by Google

von den glühenden Stahlplatten derart aufgesogen wird, daß eine sehr gleichmäßige Kohlung bis zu 50 mm Tiefe entsteht. Die Bekohlung gegenüber dem Harvey-Prozeß ist daher gleichmäßiger und schneller. Für den Zementierprozeß verwendet man meist zwei Platten, welche mit den Stirnseiten einander zugekehrt mit Spielraum übereinander im Ofen gelagert werden. Der Raum zwischen den Platten von 200 bis 300 mm Höhe wird am Rande mit Ausnahme einiger Züge durch feuerfeste Steine und Asbestpackungen gasdicht abgeschlossen und wird durch denselben das Leuchtgas hindurch eingeführt. Nach dem Kohlen der Platten erfolgt stets das Vergüten im Ölbad und zum Schluß die Oberflächenhärtung durch Abschrecken der rotwarm gemachten Platte mittels gewaltiger Wasserbrausen nach dem Tresidder Verfahren. Die Panzerplatten erhalten meist erst nach dem Vergüten, aber vor der Oberflächenhärtung ihre endgültige Form, da eine Formveränderung im gehärteten Zustand ausgeschlossen ist. Da beim Abschrecken leicht ein Verziehen der

761. Versuche mit einer Kruppschen gehärteten Nickelstahlplatte von 300 mm Dicke.

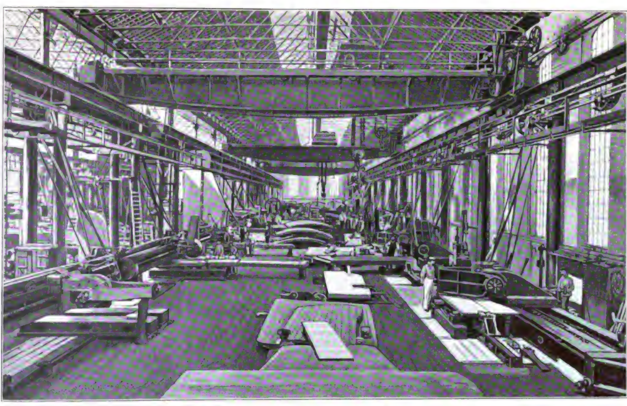
Platten eintreten kann, so ist man bisweilen gezwungen, in den Fällen, wo die Form genau innegehalten werden muß, die Oberflächenhärtung fortzulassen.

Nachstehende Tabelle bietet einen klaren Überblick über die Steigerung der Leistungsfähigkeit der Panzerplatten mit Bezug auf die lebendige Kraft der Geschosse zum Durchschlagen der Panzer.

Art der Platte	Verhältnis der lebendigen Kraft	Die Platte entspricht einer schmiedeeisernen Platte von
1. Walzeisenplatte	1,0	150 mm
2. Compoundplatte	1,37	183 „
3. Stahlplatte	1,56	203 „
4. Weiche Nickelstahlplatte	2,03	250 „
5. Harveyplatte	2,96	332 „
6. Nickelstahlplatte nach Kruppschem Verfahren	4,12	430 „

Die neuesten Kruppschen Platten erfordern demnach zum Durchschlagen der Geschosse rund viermal soviel lebendige Kraft als die ebenso starken Eisenplatten.

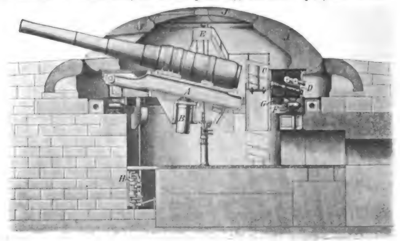
Digitized by Google



752. Panzerplattenbearbeitungswerkstatt in Sheffield.

Digitized by Google

Mit Einführung der Nickelstahlplatten im Jahre 1891 hat auch die Firma Friedr. Krupp die Fabrikation von Panzerplatten aufgenommen und durch Vervollkommnung der Fabrikationsmethoden derartige Fortschritte gemacht, daß sie mit ihren gehärteten Nickelstahlplatten die Fabrikate aller bestehenden Walzwerke in den Schatten stellte. Dabei hatten sich in allen Ländern die Werke zur Herstellung von Panzerplatten bedeutend vermehrt. In England waren neben Cammel und Brown, Vickers und Beardmore mit der Fabrikation von Panzerplatten vorgegangen, in Frankreich neben Schneider in Creuzot, St. Chamond, Chatillon-Commentry und Marrel Frères. In Amerika traten die Carnegie und Bethlehem-Werke in den Wettbewerb ein, in Italien die Terni-Werke und in Rußland die Obuckowschen Stahlwerke sowie die Kama-Werke, während in Deutschland und Österreich neben Dillingen, Krupp und Witkowitz sich entwickelten.



753. Grusons Hartgußpanzerturm für die Forts von Spezzia.
A Lafettenschlitten, B hydraulischer Cylinder für die Höhenrichtung, C Munitionsaufzug, D hydraulischer Setzer, E Plattform für den Geschützführer, F Rollenkranz, H Turmdrehmaschine, J Hartgußpanzerplatten.

Im März 1895 stellte Krupp auf dem Schießplatz zu Meppen eine 300 mm dicke Nickelstahlplatte mit gehärteter Stirnseite zur Verfügung, welche mit drei Schuß aus der 35 Kaliber langen 35 cm-Kanone mit Stahlgranaten von 325 kg Gewicht auf 115 m Entfernung beschossen wurde. Die Platte leistete im ganzen einer Angriffskraft von 16286 Metertonnen Widerstand, ohne durchschlagen zu werden oder einen durchgehenden Riß zu zeigen. Die Erfolge dieser Beschießung waren so überzeugend, daß die englischen und amerikanischen Werke alsbald das Kruppsche Patent erwarben und zu der Kruppschen Fabrikationsmethode, welche zur Zeit noch Geheimnis ist, übergingen.

Nach Einführung der Compound-Panzerplatten sowie der Stahlplatten, erfuhr die Befestigung der Platten am Schiffsrumpf eine Änderung. Die Panzerbolzen werden von innen etwa 90 mm tief in die Panzerplatten mittels Vierkant eingeschraubt, um die gehärtete Stirnseite der Platten unbeschädigt zu lassen, und an der doppelten Haut des Schiffsrumpfes durch eine Sechskantmutter befestigt. Die Mutter wird mittels Unterlagscheibe auf eine Gummiplatte, welche in einer Schale gelagert ist, gepreßt, damit dieselbe, wenn nach dem Auftreffen eines Geschosses die Planzerplatte wieder zurückfedert, das Abreißen der Mutter verhindert wird.

Die gewaltigen Fortschritte in der Entwickelung der Fabrikation der Geschütze und der Panzerplatten für die Kriegsmarinen brachten naturgemäß auch einen Umschwung in dem Bau und der Armierung der Küstenbefestigungen mit sich, welche dazu bestimmt

Digitized by Google

sind, den Kampf mit den schwer armierten Panzerschiffen bei Verteidigung der Hafeneinfahrten und Rheden aufzunehmen. Neben der Steigerung der Kaliber der Küstengeschütze trat auch die Notwendigkeit eines Panzerschutzes für dieselben in den Vordergrund. In einer Zeit, wo die Fabrikation der Panzerplatten noch wenig entwickelt und vorzugsweise auf England beschränkt war, trat in Deutschland **Gruson** mit seinem Hartgußpanzer auf den Plan und errang mit demselben alsbald eine solche Bedeutung, daß neben Deutschland auch Belgien, Holland, Österreich und Italien Hartgußpanzerungen bei Gruson in Bestellung gaben, nachdem dieselben den härtesten Proben widerstanden hatten. Bei den Schießversuchen in Spezzia im Jahre 1886 wurde eine Grusonsche Hartgußpanzerplatte von 88000 kg Gewicht mit dem 1000 kg schweren Stahlgeschoß aus der Armstrongschen 43 cm-Kanone auf 50 m Entfernung beschossen und hatte demnach eine lebendige Kraft des Geschosses von 14700 Metertonnen aufzunehmen. Die Platte hielt diese Gewaltprobe aus und lieferte damit den Beweis, daß der Hartgußpanzer für Küstenbefestigungen den weitestgehenden Ansprüchen gewachsen war. Infolge dieser günstigen Resultate bestellte die italienische Regierung bei Gruson Panzerkuppeln für die Forts um Spezzia, welche mit je zwei 120 t Hinterladern von Krupp armiert wurden und für welche Armstrong die Lafetten und Unterbauten der Türme sowie die hydraulischen Betriebseinrichtungen zum Drehen des Turmes und zur Bedienung des Geschützes lieferte. Und so vereinigten sich drei der größten Fabriken von Kriegsmaterial, zwei deutsche und eine englische, zu diesem hervorragenden Bau. Der Querschnitt der Grusonschen Hartgußpanzerkuppeln ist von elliptischer Form, so daß die feindlichen Geschosse die Panzerfläche nur unter einem spitzen Winkel treffen können. Die einzelnen Hartgußplatten sind durch Falze, die mit Weißmetall ausgegossen sind, miteinander verbunden ohne Verwendung von Bolzen, und die Kuppel bildet demnach eine kompakte Masse, welche als Ganzes die lebendige Kraft des auftreffenden Geschosses aufnimmt und unwirksam macht. Da die Platten nach dem Guß an der Oberfläche nicht bearbeitet werden, so bildet die harte Kruste einen vorzüglichen Schutz gegen die auftreffenden Geschosse.

Neben den Panzertürmen und Panzerbatterien der Küstenbefestigungen findet man neuerdings im besonderen die Schnellfeuerkanonen auch auf Verschwindelafetten montiert, welche hinter Erd- und Mauerwällen aufgestellt sind.

In neuerer Zeit finden zur Küstenverteidigung auch **Mörser** mit verbesserter Lafettenkonstruktion Verwendung, und man verspricht sich bei der gesteigerten Treffwahrscheinlichkeit von dieser Waffe eine verheerende Wirkung für die schwach gepanzerten Teile des Schiffes wie Decks und Aufbauten. Derartige Mörser werden meist zu Batterien zu 4 und 5 Stück vereinigt und bilden für Hafeneinfahrten und engere Fahrwasserrinnen ein vorzügliches Verteidigungsmittel vor allem, wenn sie auf Anhöhen aufgestellt sind, so daß sie von den feindlichen Geschossen der Schiffe nicht erreicht werden können.

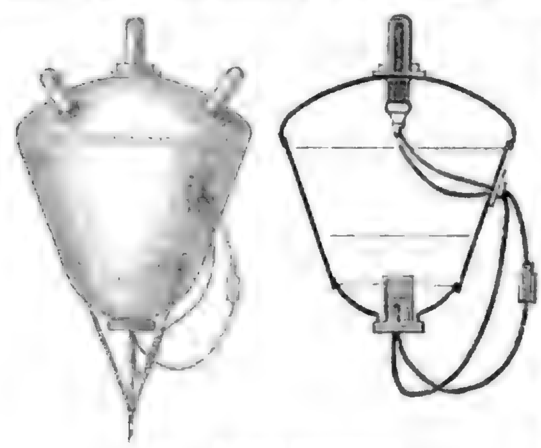
Torpedowesen.

Während der Kampf zwischen Geschütz und Panzer seit dem Krimkriege die Grundlage bildete für die Entwickelung der Kriegsmarinen und den Ausbau der neueren Schlachtschiffe, traten seit dem nordamerikanischen Bürgerkriege auch die **Unterwasserwaffen**, wie Seeminen und Torpedos, mit in die Schranken und verursachten eine weitere Vervollkommnung des Kriegsschiffbaues und eine Umgestaltung der Seetaktik, zumal auch die Seeschlacht von Lissa durch die verderbenbringende Wirkung des Rammsporns die Folgen klar gelegt hatte, welche die Zerstörung der Außenhaut eines Schiffes unterhalb der Wasserlinie nach sich zieht.

Der Gedanke, durch Explosionen von Sprengstoffen unter Wasser Löcher in den Schiffsrumpf zu reißen und hierdurch feindliche Schiffe zum Sinken zu bringen, hatte schon im Mittelalter zu mannigfachen Erfindungen geführt. Den ersten schwimmenden Minen begegnen wir bei der Belagerung von Antwerpen (1585) und bei dem 1627 erfolgten Angriff auf La Rochelle. Schon 1773 zeigte dann der Amerikaner **Bushnel**, welche Wirkungen sich durch die Sprengung von Petarden, welche unter Wasser mit

einem Schiff in Berührung kamen, hervorbringen ließen; er baute sogar ein Unterwasserboot, welches von einem Mann bewegt wurde und mit welchem er thatsächlich, jedoch ohne Erfolg, sich einer englischen Fregatte näherte, um am Schiffsboden derselben eine Mine zu befestigen. Im Jahre 1797 nahm dann Fulton diese Gedanken wieder auf und entwickelte in der Konstruktion von Unterwasserwaffen eine erstaunliche Erfindungsgabe. Er führte auch zuerst den Namen Torpedo, nach der lateinischen Bezeichnung für Zitterrochen, ein. Mit seinen Seeminen, Schlepp- und Spierentorpedos, sowie mit einem Unterwasserboot wußte er das Interesse Napoleons zu erwecken. Im Jahre 1801 machte er alsdann in Brest eingehende Versuche mit einem Unterwasserboot und legte mit demselben vier Stunden lang eine Strecke von 15 Seemeilen unter Wasser zurück, ohne daß das Boot am Wasserspiegel sichtbar wurde. Trotz dieser anscheinend günstigen Erfolge ging Napoleon I. auf Fultons Ideen nicht weiter ein. Als dann Fulton auch in England für seine Erfindungen keine rege Unterstützung fand, kehrte er nach Amerika zurück, um sich ganz dem Bau von Dampfschiffen zu widmen.

Seit dieser Zeit ruhte die Entwickelung der Unterwasserwaffen mehrere Jahrzehnte, bis der nordamerikanische Bürgerkrieg die Wichtigkeit derselben mehr in den Vordergrund brachte. Im besonderen bedienten sich die Südstaaten mit großem Geschick der Seeminen und Spierentorpedos, und durch dieselben wurden im ganzen 27 Schiffe zum Sinken gebracht bezw. kampfunfähig gemacht. Trotz dieser bedeutenden Erfolge der Unterwasserwaffen legte man denselben anfänglich keinen so großen Wert bei, da in diesem Kriege meist Schiffe älterer Konstruktion in Aktion traten, welche in größter Eile für den Krieg hergerichtet waren und durchweg gegen Unterwasserexplosionen in keiner Weise geschützt waren. Auch hielt man diese heimtückischen und hinterlistigen Waffen, welche ein Schiff gewissermaßen wehrlos, ohne Kampf, ohne Geschützfeuer und Pulverdampf, zum Sinken brachten, diesseit des Ozeans nicht für ebenbürtig mit den bisherigen Kampfmitteln. Erst nachdem der österreichische Fregattenkapitän Luppis in den Jahren 1864—1868 im Verein mit dem Ingenieur Robert Whitehead dazu überging, den Torpedos eigene Bewegung zu geben und sie als automobile Torpedos gleich einem Geschoß auf das feindliche Schiff zu richten, wurde der Torpedo neben den Geschützen als Angriffswaffe bald allgemein anerkannt und in allen Kriegsmarinen eingeführt. Und so ergab sich eine schnelle und glänzende Entwickelung des Torpedowesens, welche wiederum weitere Umwälzungen in dem Bau der Kriegsschiffe und Änderungen der Taktik zur See zur Folge hatte.

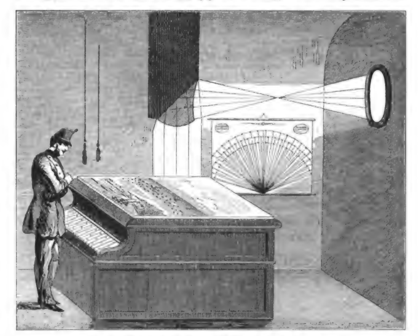


754. Berührungsmine.

Als Defensivwaffe hatten die sogenannten Seeminen seit Mitte des Jahrhunderts als Hafensperren und zum Schutz der Küsten und Flußmündungen in Verbindung mit den Küstenbefestigungen eine wichtige Rolle gespielt, da sie die feindlichen Schiffe veranlaßten, in den Hafen mit größerer Vorsicht und geringerer Fahrt einzulaufen, und auf diese Weise das Feuer der Küstengeschütze wirkungsvoller gestalteten. In der That wurde auch im Jahre 1848 der Hafen von Kiel durch Seeminen vor dem Einlaufen einer dänischen Flotte geschützt. Gleichen Erfolg hatten im Krimkriege die Seeminen, welche den Hafen von Kronstadt sperrten, als eine englische Flotte denselben bedrohte. Im Jahre 1859 sperrte man den Hafen von Venedig mit Seeminen, 1866 dienten dieselben zur Verteidigung von Triest und 1870/71 verhinderten sie einen Angriff der französischen Flotte auf die deutschen Küsten und Flußmündungen.

Die älteren Seeminen waren sogenannte Berührungs- oder Kontaktminen, d. h. sie wurden durch den Stoß oder Kontakt eines Schiffes entzündet. Das Minengefäß bestand aus einem aus Eisenblech genieteten Schwimmkörper von cylindrischer oder birnenförmiger Gestalt, welcher mit einer Ladung Sprengstoff — meist nasse, gepreßte

Schießbaumwolle — gefüllt war und entweder als Grundmine auf dem Grunde lag, oder als Auftriebmine gegen Forttreiben in einer bestimmten Tiefe unter Wasser verankert war. Für Häfen mit wechselnden Gezeitenhöhen sind neuerdings selbstthätig wirkende Tiefensteller in Gebrauch, so daß die Mine stets in demselben Abstand unter der Wasseroberfläche verbleibt. Die Zündung der Kontaktminen erfolgte anfänglich auf mechanischem Wege, indem durch den Stoß des Schiffes ein Gewicht von der Minendecke fiel und einen Friktionszünddraht herauszog, welcher alsdann einen Pulversatz entzündete. Später wandte man chemische Mittel an. Aus den Minen ragten zu diesem Zweck eine Anzahl Glascylinder hervor, welche durch dünne Bleikappen geschützt und mit Schwefelsäure gefüllt waren. Stößt ein Schiff gegen die Bleikappe und verbiegt dieselbe, so



755. Vorrichtung zur Verteidigung des Triester Hafens 1866.

bricht der Glascylinder, und die Schwefelsäure ergießt sich über eine Mischung von chlorsaurem Kali und Zucker, entzündet dieselbe und bewirkt so die Zündung der Mine. Diese Kontaktminen haben nun den Nachteil, daß sie beim Auslegen und Lichten sich leicht entzünden können; auch bieten sie den eigenen Schiffen eine große Gefahr. Um diesen Nachteilen entgegenzutreten, entstanden, von dem österreichischen Oberst Freiherr von Ebner erfunden, die elektro-mechanischen Minen, welche durch ein Kabel vom Lande den Strom erhalten und in welche der erforderliche Zündstrom automatisch durch den Kontakt eines Schiffes eingeleitet wird, welcher sodann die Detonation bewirkt. Wird die Stromzuführung vom Lande aus abgestellt, so ist eine Entzündung der Minen ausgeschlossen, und dieselben können alsdann gefahrlos gelichtet bezw. ausgelegt werden. Die Minensperren werden meist quer durch das Fahrwasser gelegt und zwar schachbrettförmig in drei Reihen derart, daß ein Passieren von Schiffen zwischen den Minen unmöglich ist. Für die eigenen Schiffe werden meist freie Öffnungen als Thore gelassen.

Digitized by Google

Ein freieres Spiel gewähren die sogenannten **Beobachtungsminen**, deren Entzündung vom Lande aus durch den elektrischen Strom erfolgt. Die Beobachtungsminen liegen meist so tief unter dem Wasserspiegel, daß sie die Bewegung der Schiffe nicht behindern; sie erhalten dementsprechend eine stärkere Ladung — 250 kg Schießbaumwolle gegenüber 40 kg bei den Kontaktminen. Die Zündstation am Lande muß derart auf einer Anhöhe erbaut sein, daß sie einen freien Überblick über den Hafen gewährt. Sie wird meist durch Erdwälle oder Panzer geschützt und ist mit sinnreichen Apparaten ausgerüstet, welche den Eintritt der feindlichen Schiffe in das Minenfeld anzeigen. Bei der Hafenverteidigung von Triest bestand die Zündstation aus einer Camera obscura; sie hatte völlig geschwärzte Wände und eine einzige Lichtöffnung, in welcher eine große Sammellinse angebracht war. Letztere warf das Bild des Hafens auf ein Prisma und wurde von diesem auf eine matte Glasscheibe heruntergespiegelt, auf welcher durch schwarze Punkte mit mathematischer Genauigkeit die Stellen bezeichnet waren, wo entsprechend dem Bilde des Hafens die Minen verankert waren. Vorn an dem Tisch war ferner eine Klaviatur angebracht, mit deren Hilfe der Strom für die einzelnen Minen geschlossen werden konnte. Verfolgt nun der Leiter der Zündstation durch das Spiegelbild die Bewegung der feindlichen Schiffe, so kann er, sobald ein Schiff sich einem schwarzen Punkt nähert, durch einen Druck auf die entsprechende Taste die Mine zur Explosion bringen und hierdurch das feindliche Schiff kampfunfähig machen. Der Apparat, welcher sich bei den Versuchen glänzend bewährte, trat nicht in Aktion, da Tegetthoff bei Lissa den Feind bereits unschädlich gemacht hatte.

756. Älteres Torpedoboot mit einem ausgeschobenen und einem zum Ausschieben bereiten Spierentorpedo.

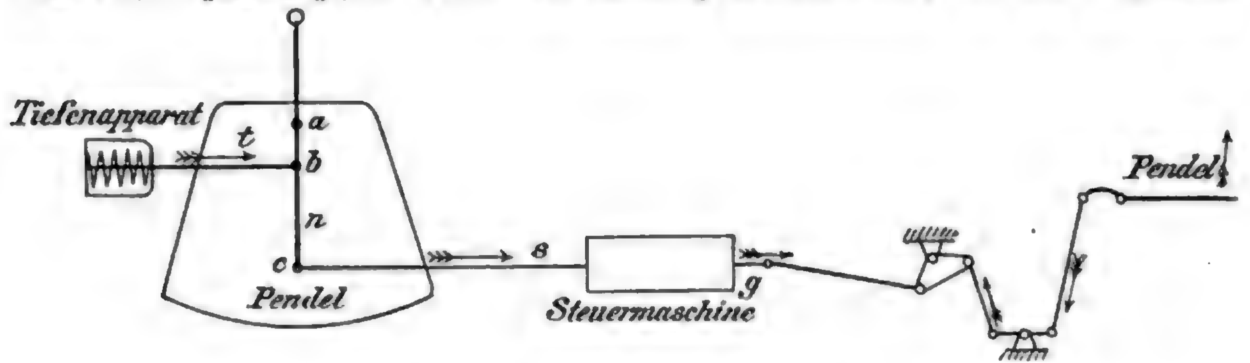
Diese Methode verspricht jedoch nur Erfolg bei genügender Beleuchtung des Minenfeldes. Man verwendet daher neuerdings meist Beobachtungsapparate, sogenannte Minenzielapparate, welche auf zwei etwa 500 m voneinander entfernt liegenden Stationen aufgestellt sind. Sie bestehen aus beweglichen Fernrohren, deren Drehung elektrisch auf zwei Zeiger übertragen wird. Visiert man mit diesen Fernrohren ständig das feindliche Schiff an, so ergibt der Schnittpunkt der Zeiger auf der Meßtischplatte den Ort des Schiffes.

Während die Minensperren im allgemeinen einen defensiven Charakter haben, können sie doch auch als Offensivwaffe, als **Blockademinen**, verwandt werden, um feindliche Geschwader in Häfen einzuschließen, sowie als Kontre- oder Gegenminen Benutzung finden, um feindliche Minensperrungen zu zerstören. Hierher gehört auch die sogenannte Schleppmine, welche vom eigenen Schiff an einem Tau nachgeschleppt wird und am Bug des verfolgenden feindlichen Schiffes meist durch elektrische Zündung zur Explosion gebracht wird. Diese Mine, welche schon in den Bereich der Torpedos übergeht, wurde vom Kapitän Harvey empfohlen, hat jedoch nur beschränkte Verwendung gefunden.

Die Entwickelung des **Angriffstorpedos** steht nun mit der Einführung und Vervollkommnung des automobilen Torpedos durch Luppis und Whitehead in engem Zusammenhang. Die sogenannten Spierentorpedos, d. h. an langen Stangen oder Spieren befestigte Minengefäße, welche von kleinen, schnellaufenden Dampfbooten aus gegen das feindliche Schiff vorgeschoben werden und vom Boot aus meist auf elektrischem Wege durch eine Zündmaschine zur Detonation gebracht werden, haben es zu keinem großen Wirkungskreis gebracht, da ihre Verwendung wegen der unzulänglichen Seefähigkeit ihrer Boote ausschließlich für Hafenverteidigungen beschränkt ist. Der erste von Luppis im Jahre 1860 konstruierte automobile Torpedo wurde durch ein Uhrwerk ge-

Digitized by Google

trieben, besaß am Heck zwei Steuer, welche vom Lande aus durch Leinen bewegt wurden, und enthielt am Kopf eine Sprengladung, welche durch einen Perkussionszünder zur Detonation gebracht wurde. Dieses Modell, welches Luppis Küstenretter taufte, mußte wegen der Steuerung vom Lande aus an der Oberfläche schwimmen und war daher den Einflüssen von Wind und Wetter, sowie den feindlichen Blicken preisgegeben. Als sich daher Luppis zur Vervollkommnung seines Torpedos mit dem Ingenieur Whitehead vereinigte, erkannte dieser sehr bald, daß, um den Torpedo lebensfähig zu gestalten, es notwendig sei, denselben in einer bestimmten Wassertiefe, d. h. unsichtbar, gegen das feindliche Objekt zu bewegen und überdies die Triebkraft desselben zu verbessern. Als solche wählte er Druckluft, die sich noch heute als bestes Mittel zur Fortbewegung des Torpedos erhalten hat. Um den Torpedo während seines Laufes in einer bestimmten Tiefenlage unterhalb der Wasseroberfläche zu erhalten, erfand dann Whitehead den sogenannten Tiefenregulator. Mit eisernem Fleiß arbeitete nun Whitehead mit zwei Arbeitern und seinem zwölfjährigen Sohn persönlich zwei Jahre lang an dem Bau eines Torpedos. Derselbe war aus Stahlblech gebaut, hatte Zigarrenform mit zugespitzten Enden und ergab bei einer Länge von 3,35 m und einem größten Durchmesser von 0,355 m ein Gewicht von 136 kg. Er besaß vorn und hinten in seinem Längsschnitt zwei feste Flossen und am vorderen Ende ein horizontal liegendes, drehbares Flossenpaar, welches vom Tiefenregulator gestellt wurde. Die Wirkung desselben beruht auf dem wechselnden

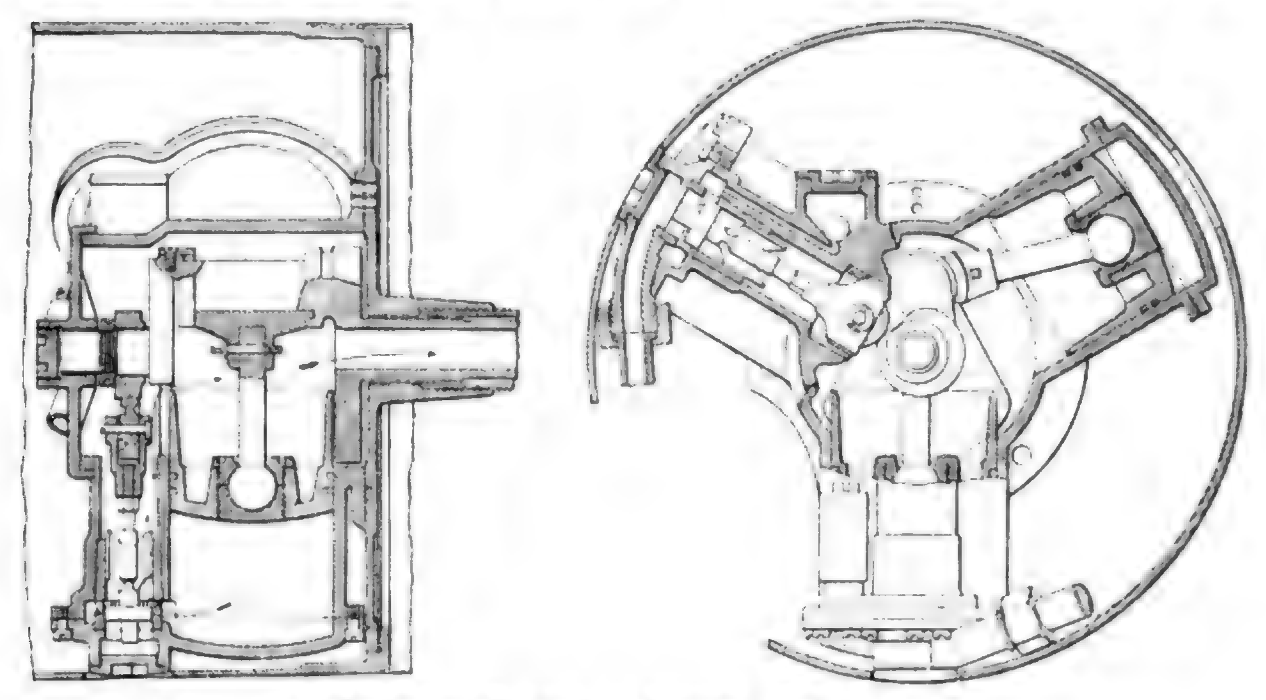


757. Wirkung von Tiefenregulator und Pendel.

Wasserdruck in verschiedenen Tiefen und bestand aus einer beweglichen Ventilplatte, auf welche von außen der Wasserdruck, von innen eine Feder drückt, welche für bestimmte Wassertiefen eingestellt werden kann. Geht z. B. der Torpedo tiefer, als der Federspannung entspricht, so treibt der überwiegende Wasserdruck die Ventilplatte nach einwärts und bewegt hierdurch die horizontalen Flossen nach oben, so daß der Torpedo bei der Fahrt nach oben abgelenkt wird. Läuft der Torpedo zu flach, so überwiegt der Federdruck und treibt die Ventilplatte nach außen; die Horizontalflossen werden dann nach unten gedreht und bewirken ein Tiefergehen des Torpedos. Die Maschine bestand aus zwei oscillierenden Cylindern, welche auf eine Kurbel wirkten und eine am Hinterteil des Torpedos in einer Aussparung der vertikalen Flossen gelagerte Schraube treiben. Die Druckluft von 25 Atmosphären war in einem Reservoir aufgespeichert. Die Raumeinteilung des Torpedos war, von vorn beginnend, folgende: Zündspitze mit 8 kg schwerer Sprengladung, dann die Kammer mit dem Tiefenregulator, die Maschinenkammer, das Luftreservoir und das Schwanzstück mit der Schraube. Bei der im Jahre 1866 vorgenommenen Erprobung des Torpedos hielt derselbe bei einer Geschwindigkeit von 6 bis 7 Knoten im allgemeinen seine Richtung sowie seine Tiefenlage inne und rechtfertigte demnach die von Whitehead gemachten Verbesserungen.

Da der Torpedo noch erhebliche Tiefenschwankungen zeigte — bei der geringen Masse des Torpedos bewirkte die Bewegung der Horizontalflossen eine sehr kräftige Ablenkung desselben — so war Whitehead zunächst darauf bedacht, den Tiefenregulator empfindlicher zu gestalten. Er fügte daher ein Kontrollpendel hinzu, welches mit einem zweiten, vor der Schraube angebrachten Flossenpaar in Verbindung stand und dem vorderen Flossenpaar entgegenwirkend, die Ablenkungen desselben milderte. Bei horizontal

liegendem Torpedo übt das Pendel keine Wirkung aus. Steuert der Torpedo nach unten, so schwingt das Pendel nach vorn und bewegt das hintere Horizontalruder nach oben, steigt der Torpedo nach oben, so geht das Pendel nach hinten und dreht das Horizontalruder nach unten. Der Tiefenregulator ist daher bestrebt, den Torpedo in die richtige Tiefenlage zu bringen, während das Pendel dahin wirkt, diese Tiefenlage in möglichst horizontalem Lauf beizubehalten. Später hat Whitehead die Bewegungen des Tiefenregulators und des Pendels miteinander verkuppelt. Die resultierende Bewegung wird dann einem Verteilungsschieber, einer Steuermaschine, mitgeteilt, welche mit Preßluft arbeitet und deren Kolben ein am Schwanzende gelagertes Horizontalruder bethätigt. Auf diese Weise wird die Wirkung des Tiefenapparates verstärkt und der Ruderausschlag vergrößert. Die Wirkung vom Tiefenregulator und Pendel ergibt sich aus nebenstehender Abbildung. Läuft der Torpedo zu tief, so wird die Ventilplatte nach hinten bewegt. Die Stange t dreht dann den Hebel n um a nach hinten. Die am Ende des Hebels in c angreifende Steuerstange s wird hierdurch gleichfalls nach hinten geschoben und bethätigt die Steuermaschine derart, daß die Kolbenstange g das Ruder nach oben



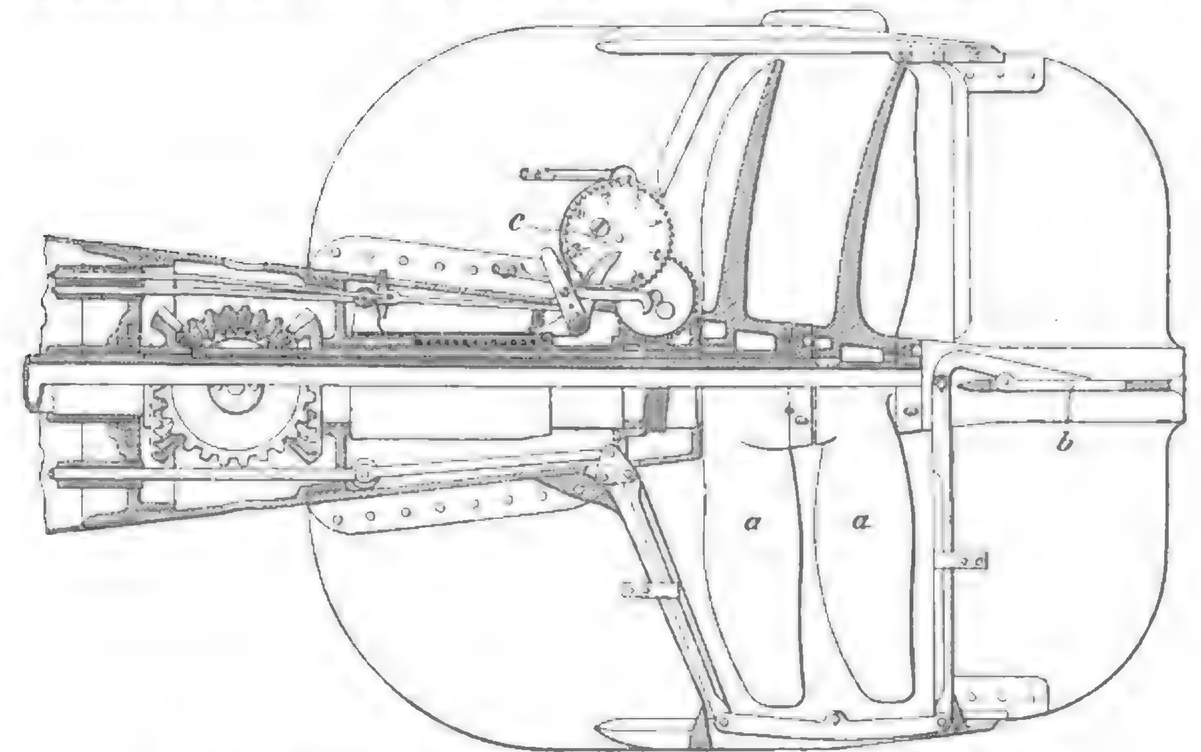
758. Brotherhood-Maschine für Torpedos. Nach „Engineering".

dreht. Hierdurch wird der Torpedo nach oben steuern. Infolgedessen bewegt sich das Pendel nach hinten. Während dieser Bewegung bleibt der Tiefenregulator und dementsprechend die Stange t stehen, und nunmehr bildet b den Drehpunkt des Hebels. Durch die Bewegung des Pendels nach hinten wird nun auch a nach hinten verschoben, der Angriffspunkt c der Steuerstange muß demnach sich nach vorn bewegen und schiebt die Steuerstange s gleichfalls nach vorn, was zur Folge hat, daß auch g nach vorn geht und das Ruder nach unten dreht. Die Wirkungen des Tiefenregulators und des Pendels wirken daher entgegengesetzt und gleichen sich allmählich aus, so daß der Torpedo langsam in die vorgeschriebene Tiefe steuert und sich in derselben erhält.

Da beim Lancieren des Torpedos vom Schiff aus das Pendel infolge seiner Trägheit relativ zum Torpedo sich nach hinten bewegen und dementsprechend das Ruder nach unten stellen wird, wodurch der Torpedo eine große Tiefenlage annehmen würde, so wird das Pendel beim Lancieren zunächst arretiert und erst freigegeben, wenn der Torpedo eine möglichst horizontale Lage angenommen hat.

Allmählich steigerte Whitehead die Preßluft auf 90 Atmosphären und verwendete eine dreicylinderige Brotherhood-Maschine bis zu 70 Pferdestärken. Die Ingangsetzung der Maschine erfolgt durch den Öffnungshebel, welcher beim Vorwärtstreiben des Torpedos im Torpedolancierrohr gegen den Öffnungshaken stößt, nach hinten umgelegt wird und

hierdurch das Absperrventil öffnet. Um nun zu verhüten, daß die aus dem Windkessel ausströmende Luft die Maschine voll betreibt, solange der Torpedo noch in der Luft schwebt, und demnach die Schrauben keinen Widerstand zu überwinden haben, so daß ein Durchgehen der Maschine zu befürchten ist, wird der Luftzutritt durch ein Verzögerungsventil gedrosselt und der volle Querschnitt der Luftleitung erst freigegeben, wenn der Torpedo sich im Wasser befindet. Dies bewirkt die Wasserschlagklappe. Die Luft tritt nun mit vollem Druck von 90 Atmosphären in den Regulator, ein Reduzierventil, welches die Spannung auf etwa 40 Atmosphären heruntersetzt. Zum Ausgleich von Druckschwankungen tritt die Luft dann in einen Windkessel und von dort durch die Stoppvorrichtung in den Schieberkasten der Maschine. Durch Flach- oder Kolbenschieber gelangt dann die Luft hinter die Kolben, treibt dieselben nach innen und entweicht nach dem Expandieren nach dem Kurbelraum der Maschine und von hier in die hohle Schraubenwelle nach hinten aus dem Torpedo heraus. Die entweichende Luft wirkt auf



759. Schwanzstück eines Whitehead-Torpedos mit Schrauben und Horizontalruder.
Nach „Engineering".
a Schrauben, b Horizontalruder, c Stoppvorrichtung.

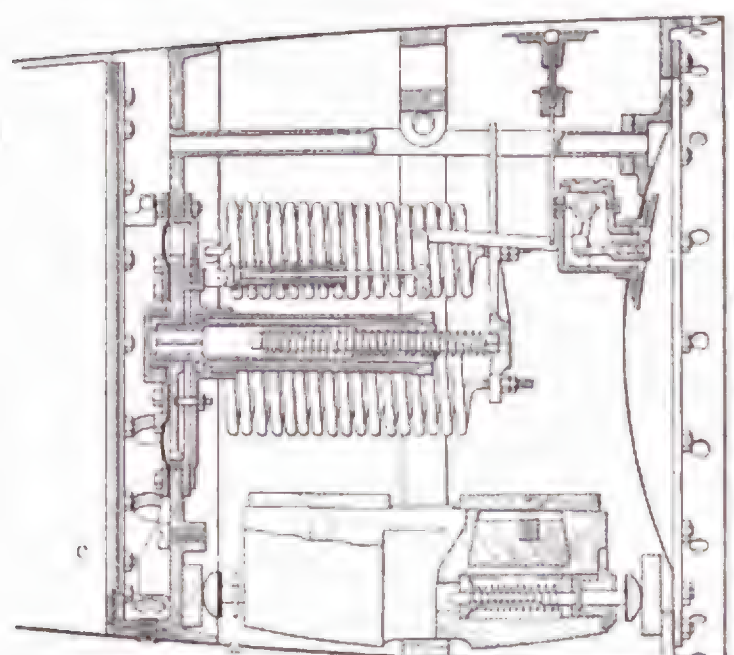
diese Weise durch Reaktion mit auf Vorwärtsbewegung des Torpedos. Die Stoppvorrichtung bringt die Maschine nach beliebig einzustellender Laufentfernung zum Stillstand und setzt dann bei scharf geladenen Torpedos die Sinkvorrichtung in Thätigkeit, ein Ventil zum Tunnelstück, damit der Torpedo, wenn er das Ziel verfehlt hat, auf den Grund geht. Bei Übungstorpedos bethätigt die Stoppvorrichtung das Horizontalruder und läßt den Torpedo aufschwimmen.

Die Maschine betreibt zwei zweiflügelige Schrauben, welche mit entgegengesetzter Drehvorrichtung umlaufen, um eine Ablenkung des Torpedos durch die Wirkung der Schrauben aufzuheben. Die hintere linksgängige Schraube ist zu diesem Zweck fest auf der Hauptwelle befestigt, während die vordere rechtsgängige Schraube auf einer hohlen Welle sitzt, durch welche die Hauptwelle hindurchgeht und welche mittels konischer Räder von dieser angetrieben wird. Die neueren Torpedos erreichen bei einer Länge von 5 m und einem größten Durchmesser von 0,45 m ein Gewicht bis zu 600 kg und führen im Kopf eine Sprengladung bis zu 100 kg Schießbaumwolle. Sie haben eine Geschwindigkeit bis zu 30 Knoten bei einer Lauflänge von 1000 m erreicht.

Während bis vor einigen Jahren die Seitenablenkungen des Torpedos durch festes Einstellen von kleinen Vertikalrudern ausgeglichen wurden, ist im Jahre 1897 von dem

Ingenieur Ludwig Obry in Triest ein sinnreicher Apparat erfunden, welcher ein Vertikalruder betreibt und dem Torpedo einen geraden Lauf erteilt. Er heißt daher auch Geradlaufapparat. Er besteht im wesentlichen aus einem Gyroskop, dessen Achse in der Längsachse des Torpedos liegt, und einem Servomotor, welcher das Vertikalruder betreibt. Das Schwungrad des Gyroskops wird durch eine starke Feder mittels Zahnsektors in Bewegung gesetzt, sobald durch den Öffnungshebel die Feder freigegeben wird. Die mit diesem Apparate erzielten Erfolge sind ganz hervorragend, und derselbe gestaltet den Whitehead-Torpedo zu einer Präzisionswaffe ersten Ranges. Er hat bereits in allen Kriegsmarinen Eingang gefunden.

Von den übrigen automobilen Torpedos ist neben dem Whitehead- nur noch der Howell-Torpedo von Bedeutung. Die Triebkraft desselben bildet ein Schwungrad, welches vor dem Lancieren durch eine am Ausstoßrohr gelagerte Dampfturbine eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 10000 Touren pro Minute erhält. Das Schwungrad treibt mit der ihm verliehenen lebendigen Kraft durch konische Räderübersetzung zwei nebeneinanderliegende Schrauben. Der Tiefenapparat ist nach Art des Whiteheadschen konstruiert. Der Howell-Torpedo hat eine große Richtkraft infolge seines Bestrebens, die Richtung des Schwungrades beizubehalten, ist jedoch durch den Whitehead-Torpedo mit Obryschem Geradlaufapparat bedeutend überholt.



760. **Whitehead-Torpedo.** Nach „Engineering".
a Schlagbolzen mit vierflügeliger Schraube, b Gefechtskopf mit Schießbaumwolle geladen, c Tiefenregulator mit Pendel.

Die sonstigen automobilen Torpedos sind meist lenkbare vom Lande aus. Sie werden teils durch Elektrizität, Kohlensäure und Seilzug getrieben. Besonders originell ist der Brennan-Torpedo. Die beiden nach Art des Whitehead-Torpedos gelagerten Schraubenpropeller werden durch je eine Trommel in Drehung versetzt, welche mit Klaviersaiten bewickelt sind. Vor dem Lancieren werden die Trommeln durch Abwickeln der Saiten in schnelle Umdrehung versetzt. Durch die hier im Wasser eintretende Fahrt des Torpedos werden die Saiten stetig weiter abgerollt und wird demnach der Torpedo durch die Differenz des Vorwärtsschubes der Schrauben und der Zugkraft der Klaviersaiten getrieben.

Die Einführung der Whitehead-Torpedos als Angriffswaffe in die Kriegsmarine führte sehr bald dazu, die Kriegsschiffe mit besonderen Einrichtungen zu versehen, Torpedos zu lancieren und die für den Betrieb derselben erforderliche Preßluft zu liefern. Die

Digitized by Google

Torpedolancier- oder Ausstoßrohre verfolgen den Zweck, den gefechtsbereiten Torpedo vom Schiff ins Wasser zu befördern und demselben hierbei eine bestimmte Laufrichtung zu geben. Sie haben daher dieselben Dienste zu verrichten wie die Kanonenrohre, nur mit dem Unterschied, daß der Impuls des Torpedos nur ein geringer zu sein braucht, da er im Wasser mit eigener Kraft sich fortbewegt. Man verwendet daher zum Treiben des Torpedos komprimierte Luft oder auch eine Pulverpatrone. Anfänglich baute man die Lancierrohre in den Decks über Wasser ein und zwar entweder fest, in Bug und Heck, so daß das Richten des Torpedos allein mit dem Schiff erfolgen mußte, oder zum Schwenken eingerichtet in der Breitseite, so daß das Richten des Torpedos bei beliebiger Fahrtrichtung des Schiffes mit Hilfe des Rohres geschah. Um eine Ablenkung des Torpedos beim Auftreffen aufs Wasser zu vermeiden, erhielten die Breitseitrohre nach

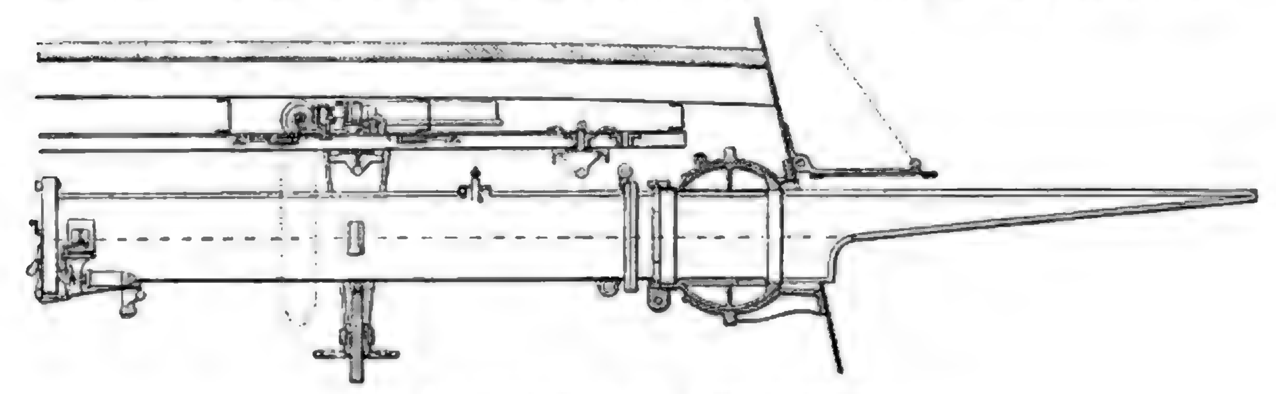
761. Lancierung eines Torpedos.

außen eine löffelförmige Verlängerung, in welcher der Torpedo mit Hilfe seiner über seinem Schwerpunkt angebrachten T-förmigen Hängewarze so lange geführt wurde, bis er horizontal frei herabfallen konnte. Da die Überwasserrohre den feindlichen Geschossen ausgesetzt sind und daher im Gefecht durch einen Treffer leicht der Gefechtskopf des Torpedos durchschlagen und zur Detonation gebracht werden kann, so ist man neuerdings zu den Unterwasserlancierrohren übergegangen. Die Bauart dieser Rohre erforderte jedoch wiederum eigenartige und ingenieuse Einrichtungen, da der Torpedo, sobald er aus dem Rohr tritt, von den an der Schiffswand entlanggleitenden Wasserfäden abgelenkt wird und überdies das Schwanzende desselben durch Anstoßen an die Schiffswand leicht beschädigt werden kann. Es wurden daher starke Führungsstangen aus dem Schiffskörper vor dem Lancieren des Torpedos hinausgeschoben, welche selbst bei hoher Geschwindigkeit genügende Festigkeit gegen den Wasserdruck besaßen und nach dem Torpedoschuß teilweise selbstthätig zum Einrennen gebracht wurden. Die Unterwasserrohre erfordern ferner besondere Schleusenschieber, welche das Innere des Rohres nach außenbords abschließen, wenn der Torpedo ins Rohr eingeführt wird. Nach dem Schließen des

Digitized by Google

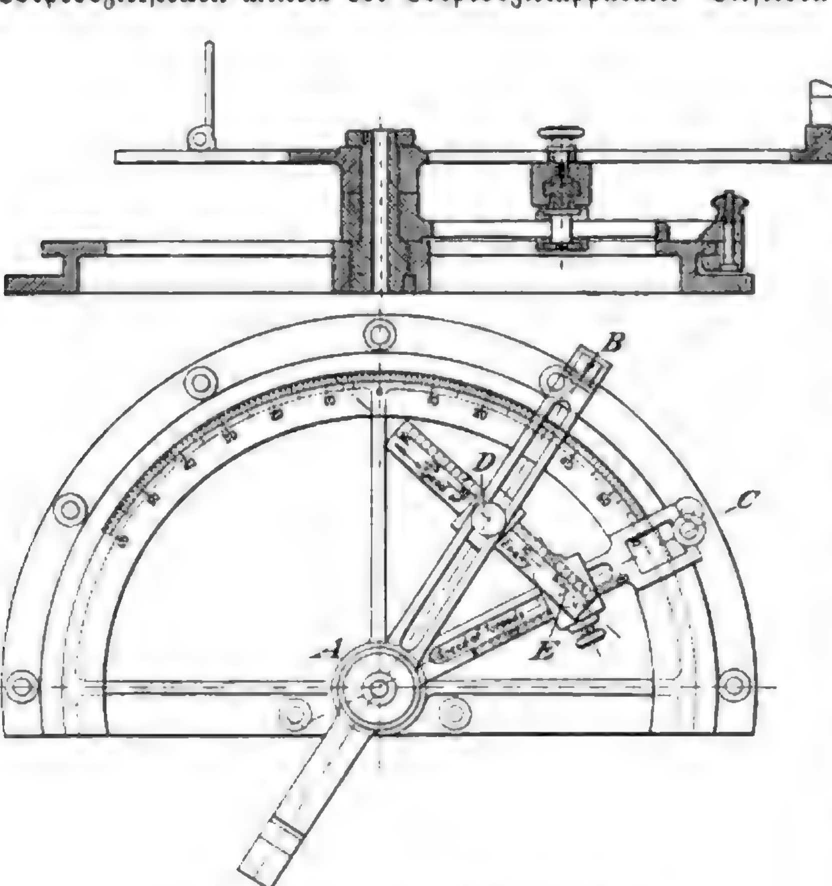
Lancierrohres kann das Lancieren des Torpedos erst dann erfolgen, wenn der Schleusenschieber wieder geöffnet ist, was durch eine besondere Verblockung mit der Abzugstange sichergestellt ist.

Zur Erzeugung der komprimierten Luft zum Auffüllen der Torpedoluftkessel, zum Lancieren derselben sowie zum Treiben sonstiger Hilfsmaschinen für die Torpedowaffe



762. Überwasserlancierrohr. Nach „Engineering".

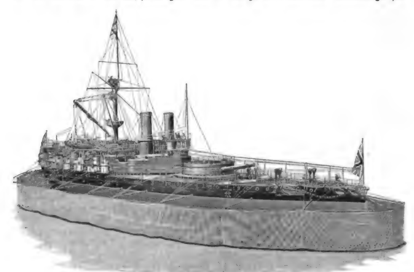
dienen besondere Luftkompressionspumpen mit Wasserkühlung nach dem System von Brotherhood und Whitehead. Die aus gezogenen Mannesmannrohren bestehenden Luftsammler bilden gewissermaßen einen Akkumulator, um den Luftdruck zu verteilen. Das Einstellen der Über- und Unterwasserrohre in die Ziellinie erfolgt meist von besonderen Torpedozielstellen mittels der Torpedozielapparate. Dieselben stellen beim Zielen auf das feindliche Schiff die Mittellinie des Lancierrohres ein, unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit und Fahrtrichtung des feindlichen Schiffes und der Geschwindigkeit des Torpedos.



763. Torpedozielapparat. Nach „Engineering".

Während nun der Torpedo für die Schlachtschiffe schweren und leichten Kalibers nur eine Gelegenheitswaffe im Nahkampf ist, und im Mêlée des Gefechts, im richtigen Augenblick gegen das feindliche Schiff lanciert, seine verderbenbringende Wirkung äußern kann, ist er bei den Torpedobooten in Verbindung mit der Torpedobootstaktik zu einer selbständigen Waffe geworden. Als Vater der heutigen Torpedoboote kann ohne Zweifel der englische Ingenieur Thornycroft hingestellt werden, welcher zuerst den Beweis lieferte, daß sich auch mit kleinen Dampfbooten eine hohe Geschwindigkeit erreichen lasse. Die von ihm im Jahre 1873 erbaute „Miranda" lief bei einem Deplacement von 16 t die außerordentliche Geschwindigkeit von 16 Seemeilen die Stunde. Dieser Erfolg führte zum Bau der ersten Torpedoboote, welche mit Whitehead-Torpedos ausgerüstet wurden mit einer hohen

Geschwindigkeit von — 18 Knoten beginnend — eine große Manövrierfähigkeit vereinigten und infolge ihrer kleinen Abmessungen den feindlichen Geschossen nur eine kleine Zielfläche boten. Das von Thornycroft im Jahre 1878 erbaute Torpedoboot „Lightning“ diente als Vorbild für die nunmehr in allen Kriegsmarinen auftretenden Torpedoboote, und neben Thornycroft traten alsbald in England Yarrow, in Frankreich Normand und in Deutschland Schichau mit besonderen Torpedobootstypen in den Wettbewerb mit ein. Anfänglich begnügte man sich mit zwei Klassen von Torpedobooten; die größeren bildeten selbständige Boote für die hohe See, die kleineren dienten vorzugsweise für die Küsten- und Hafenverteidigung oder wurden den Schlachtschiffen als Wachtboote mitgegeben. Während letztere bei einem Deplacement bis zu 30 t eine Geschwindigkeit bis 16 Seemeilen erreichten, entwickelten die Hochseetorpedoboote bei einem Deplacement von 85 bis 250 t eine Geschwindigkeit von 18 bis zu 26 Seemeilen. Neuerdings hat



764. Panzerschiff „Victoria“ mit Torpedoschutznetz“. Nach „Engineering“.

man mit den Torpedobootszerstörern ein Deplacement von 400 t und eine Geschwindigkeit bis zu 32 Seemeilen erreicht. Dieselben werden meist als Zweischraubenboote gebaut. Die anfänglich auf Torpedobooten gebräuchlichen Lokomotivkessel sind bei der stetigen Steigung der Geschwindigkeit durch Wasserrohrkessel ersetzt worden. Zur Erhöhung der Steuerfähigkeit besitzen alle Torpedoboote neben dem Heckruder ein besonderes Bugruder. Die Torpedoboote haben durchweg nur einen geringen Freibord und ein gewölbtes Deck und meist zwei Türme, von denen aus das Boot gesteuert und die Torpedos lanciert werden. Die Räume für den Kommandanten und die Mannschaft sind sehr beschränkt, da der größte Teil des Schiffsraumes von der Maschinen- und Kesselanlage nebst Kohlenbunker in Anspruch genommen ist. Die Armierung der Torpedoboote besteht außer einigen Schnellfeuer- oder Maschinenkanonen meist aus drei Überwasserlancierrohren, und zwar ein Rohr fest im Bug eingebaut und zwei Rohre auf dem Deck zum Schwenken eingerichtet für den Breitseitschuß.

Nachdem der Whitehead-Torpedo in allen Kriegsmarinen eingeführt und im besonderen bei seiner Verwendung auf schnell laufenden Torpedobooten zu einer wichtigen Angriffswaffe ausgebildet war, brach sich allmählich das Bestreben Bahn, den Torpedos

Digitized by Google

Schutzmaßregeln und Abwehrmittel entgegenzustellen. Abgesehen von der Einteilung des Schiffsrumpfes in eine möglichst große Anzahl von wasserdichten Abteilungen in Verbindung mit einem ausgedehnten Lenzsystem, wodurch die Schwimmfähigkeit des Schiffes auch bei Zerstörung der Außenhaut durch ein Loch im allgemeinen gesichert ist, sowie abgesehen von der Einführung bezw. der Verbesserung von Schnellfeuerkanonen kleinen Kalibers zur Bekämpfung der angreifenden Torpedoboote, kamen sehr bald in allen Kriegsmarinen die sogenannten Torpedoschutznetze nach dem Vorschlage von Bullivant in Aufnahme. Sie verfolgten den Zweck, den Torpedo in angemessener Entfernung vom Schiff zur Detonation zu bringen und auf diese Weise die Wirkung der Explosion von der Schiffswand möglichst fernzuhalten. Zu diesem Zweck wurden die Schiffe mit starken Drahtnetzen umgeben, welche an etwa 6 m langen Spieren aufgehängt waren, so daß der Schiffsrumpf unter Wasser vom Kiel bis zur Schwimmebene durch diese Netze maskiert war. Die Torpedoschutznetze zeigten jedoch namentlich bei Schiffen in Fahrt ernste Übelstände, da sie einesteils die Fahrgeschwindigkeit sowie die Manövrierfähigkeit des Schiffes sehr beeinträchtigten, anderenteils bei Zerstörung der Spieren und der Aufhängevorrichtung durch die feindliche Kleinartillerie die Netze sich leicht in die Schraubenflügel verwickeln konnten und dieselben unklar machten. Man beschränkte daher das Ausbringen der Schutznetze meist auf vor Anker liegende Schiffe und nahm die Netze fort, sobald das Schiff in Fahrt war. Als später besondere Netzscheren erfunden wurden, welche an dem Gefechtskopf der Torpedos befestigt wurden und welche mit Erfolg die Maschen der Schutznetze zerschnitten, so daß ein Vordringen der Torpedos durch das Netz möglich wurde, ehe der Gefechtskopf zur Explosion kam, wurde der Erfolg der Torpedoschutznetze noch mehr in Frage gestellt, so daß man in einzelnen Marinen dieselben ganz aufgegeben hat.

Dagegen wurden andere Abwehrmittel weiter vervollkommnet, welche es ermöglichen, die herannahenden Torpedoboote beim Nachtangriff rechtzeitig zu sichten und durch ein wohlgezieltes Schnellfeuer der Kleinartillerie unschädlich zu machen. Man vermehrte die sogenannten Scheinwerfer und suchte durch zweckmäßige Aufstellung an Bord sowie durch Steigerung der Leuchtkraft derselben das Vorterrain so weit zu beleuchten, daß eine Überraschung durch feindliche Torpedoboote ausgeschlossen erscheint. Die von der Firma Schuckert in Nürnberg konstruierten Scheinwerfer, welche außer in der deutschen Marine auch in anderen Kriegsmarinen Eingang gefunden haben, haben durch Verwendung eines geschliffenen Glasparabolspiegels mit Silberbelag die Intensität des reflektierten Strahlenbüschels derart gesteigert, daß sie zur Zeit ohne Konkurrenz dastehen. Um die Streuung der Lichtstrahlen je nach der Entfernung des zu beleuchtenden Objekts regulieren zu können, läßt Schuckert die Strahlen zwei zu einander parallel stehende Systeme von Streulinsen passieren, welche einander genähert oder voneinander entfernt werden können, so daß das Lichtbündel für die Fernstellung fast cylindrisch, für die Nahstellung in einem Lichtkegel entsendet wird. Die Lichtstärken der Schuckertschen Scheinwerfer für Kriegsschiffe schwanken zwischen 20000 bis 50000 Kerzen.

Neben diesen mehr passiven Abwehrmitteln ist man neuerdings mehr darauf bedacht, die Torpedoboote durch sogenannte Torpedobootzerstörer, d. h. große und schnelle Torpedofahrzeuge mit einer entsprechenden Armierung von Schnellfeuerkanonen aufzusuchen und zu vernichten bezw. kampfunfähig zu machen, bevor sie die Schlachtschiffe gefährden können, und im besonderen ist England mit dem Bau dieser Fahrzeuge energisch vorgegangen. Welche von den besprochenen Abwehrmitteln den Erwartungen am meisten entsprechen wird, kann nur im Ernstfall entschieden werden, und in diesem Punkte sind wir auf die Erfahrungen der nächsten Seekriege angewiesen.

Neben der Entwickelung der Torpedoboote und Torpedobootzerstörer, welche in den letzten Jahren durch Steigerung der Fahrtgeschwindigkeit eine weitere Steigerung ihrer Leistungsfähigkeit erfahren haben, hat man sich seit den letzten zehn Jahren im besonderen in Frankreich wieder dem Bau und der Vervollkommnung der Unterwasserboote zugewandt, nachdem durch die Fortschritte der Elektrotechnik Akkumulatoren zum Betrieb dieser Boote dienstbar gemacht werden konnten. Wenngleich man

die Aufgabe dieser Boote nicht allein darin erblicken darf, daß sie längere Fahrten unter der Wasseroberfläche zurücklegen sollen, so ist es doch immerhin von großem Wert, wenn ein Boot, welches ähnlich den Torpedobooten für gewöhnlich sich an der Wasseroberfläche bewegt, für den Nahangriff plötzlich untertaucht und dann seine verderbenbringende Waffe ungesehen und sicher vor feindlichen Geschossen aus nächster Entfernung gegen das feindliche Schiff lancieren kann. Auch kann das Unterwasserboot zum Erforschen der Minensperren sowie zum Zerstören derselben für den Angriff auf feindliche Häfen eventuell gute Dienste leisten. Zur Zeit haften jedoch noch den Unterwasserbooten Mängel an, welche sie zu einer zuverlässigen und kriegsbrauchbaren Waffe noch nicht gestempelt haben.

Zunächst bildet den schwächsten Punkt der Unterwasserboote die geringe Sichtigkeit unter Wasser und das Fehlen eines freien Ausblicks. Die größte Sichtweite unter Wasser beträgt günstigstenfalls 20 m. Die Unterwasserfahrt gleicht daher der Navigierung eines Schiffes im dichten Nebel. Das Boot muß daher häufig an die Oberfläche auftauchen, um dem Führer die nötige Orientierung zu verschaffen. Man hat zwar versucht, mit Hilfe von Winkelteleskopen, die in einem teleskopartig zu verlängernden Rohr installiert sind, welches vom Unterwasserboot bis an die Wasseroberfläche reicht, den Horizont in einem Umkreise von zwei Seemeilen für die Besatzung im Boot sichtbar zu machen, auch hat man durch das Gyroskop von Tourné ein Mittel an der Hand, die Richtung nach dem Ziel trotz Rollen, Stampfen und Ablenkung des Bootes beizubehalten und hiernach auch ohne Sichtigkeit auf das Ziel loszusteuern, doch sind die schwierige Navigierung des Bootes in bestimmter Wassertiefe sowie die geringe Geschwindigkeit desselben unter Wasser — 6 bis 8 Seemeilen — zur Zeit noch Grund genug, die kostspieligen Experimente mit Unterwasserbooten einzuschränken.

Die Einrichtungen zum Senken und Heben des Bootes bestehen meist in dem wechselnden Spiel von Wasserballast, welcher beim Senken eingelassen, beim Auftauchen ausgeworfen wird, und zwar durch komprimierte Luft oder Pumpen. Die elektrisch angetriebenen Pumpen werden dann meist automatisch durch ein Manometer mit Strom versehen, welches die vom Fahrzeug einzuhaltende Tiefenlage angibt. Auch bestehen für die Änderung der Tiefenlage besondere Vertikalpropeller, und zur Regulierung derselben findet auch das Whiteheadsche Pendel Verwendung, das in Verbindung mit einem Servomotor das Horizontalruder bethätigt.

Besondere Einrichtungen erfordert ferner die Ventilation des Unterwasserbootes. Die Lufterneuerung des Bedienungsraumes erfolgt durch komprimierte Luft bezw. Sauerstoff, während die durch das Atmen der Besatzung entstehende verdorbene Luft, welche wegen ihrer großen spezifischen Schwere zu Boden sinkt, durch besondere Pumpen nach Außenbord gedrückt wird.

Als Armierung dienen automobile, lenkbare Torpedos sowie Whitehead-Torpedos, welche aus teleskopartigen Lanzierrohren ausgestoßen werden. Als Treibkraft benutzt man fast ausschließlich Elektromotoren, welche durch Akkumulatoren gespeist werden. Letztere haben jedoch den Nachteil, daß sie während ihrer Thätigkeit Wasserstoff abscheiden, welcher mit dem Sauerstoff der im Boot befindlichen Luft ein explosives Gemenge bildet. Es sind daher auch bereits verschiedene Explosionen vorgekommen, bei welchen der Schiffsrumpf erhebliche Beschädigungen erlitt. Goubet verwendet daher zur Speisung seines Motors Batterien mit Merkursulfat.

Nach diesen Grundprinzipien sind in Frankreich in den letzten Jahren verschiedene Unterwasserboote gebaut und erprobt. Es entstanden in rascher Aufeinanderfolge „Goubet I“, „Gymnote“, „Gustave Zedé“, „Morse“, „Goubet II“, und zur Zeit sind noch weitere im Bau. „Goubet II“ besitzt ein Deplacement von 10 Tonnen, während „Gustave Zedé“, das größte bisher gebaute Unterwasserboot, im untergetauchten Zustand 268 Tonnen Wasserverdrängung besitzt. In Amerika ist von Holland ein submarines Boot von 168 Tonnen Deplacement erbaut, welches bei der Fahrt über Wasser durch Dampfmaschinen mit Petroleumheizung, bei der Unterwasserfahrt durch Elektromotoren getrieben wird, welche durch Akkumulatoren gespeist werden. Es hat

diese Anordnung den Vorteil, daß bei der Überwasserfahrt die Akkumulatoren durch Dampfdynamos so lange gespeist werden können, bis das Boot untertaucht, was in 20 Sekunden erfolgen kann und wobei die Petroleumbrenner in den Dampferzeugern gelöscht werden, so daß man die elektromotorische Kraft gänzlich für den Gefechtszweck aufspeichern kann.

Wenn nach vorstehendem die Entwickelung der Torpedowaffe noch nicht zum Abschluß gekommen ist, so muß doch schon jetzt zugestanden werden, daß sie einerseits in Bezug auf die Entwickelung der Seetaktik einen neuen Impuls gegeben hat, anderseits durch die Gewöhnung der auf den verhältnismäßig kleinen Fahrzeugen allen Einflüssen von Wind und Wetter preisgegebenen Mannschaft an Strapazen aller Art bis fast zur Erschöpfung einen wichtigen, nicht zu unterschätzenden erzieherischen Faktor bildet, welcher um so höher anzuschlagen ist, weil durch den Fortfall der Takelage auf den Panzerschiffen eine regelrechte Drillung der Besatzung erschwert ist. Im besonderen wird den jüngeren Offizieren als Torpedobootskommandanten im reichsten Maße Gelegenheit gegeben, unter schwierigen Verhältnissen durch Kaltblütigkeit und Entschlossenheit und mit Hilfe der streng geschulten Mannschaft das Fahrzeug durch alle Fährlichkeiten zu führen und sich eingehend mit der Dampffahrkunst vertraut zu machen. Die Torpedowaffe bildet daher eine vorzügliche Schule für die Seemannschaft und wird schon aus diesem Grunde ihre Bedeutung nie verlieren.

Namen- und Sachregister.

A = Abbildung, T = Tafel, die Ziffern bedeuten die Seitenzahlen.

Aachen, Seilbahn bei 335.
Aalrinne A 451.
Aare, Brücke bei Olten über die 399.
Abdampf (Lokomot.) 186.
Abdrehen des Schiffes 642.
Abfallboden am Wehr 443.
Abfallen des Schiffes 642.
Ablaufsbahnen (Schiffbau) 682.
Ablaufsgewicht eiserner Schiffe 682.
Ablaufsschlitten s. Stapellauf 682; — Vorkehrung, um den Schlitten auf geneigter Ebene zu halten A 684.
Aborteinrichtungen in Eisenbahnwagen 250.
Abschlußsignale (Eisenb). 282, T 283.
Abts selbstthätige Ausweichstelle (Seilb.) 345, A 346; — Gießbachbahn 341, A 340; — Weiche für Zahnbahnen 167, A 164; — Zahnradantrieb A 238; — Zahnradlokomotive A 229; — viercylindrige mit einarmiger Schwinge 229, A 280; — der Bahn Tiszolcz-Zolyom brezo 234, A 235; — Zahnstange 165; — Zahnstangenstrecken inmitten von Reibungsbahnen 136, A 135.
Abtakeln eines Schiffes 662.
Abtrag bei Eisenbahnbauten 96.
Abtrift nach Lee (Seew.) 641.
Abwerfen der Brücken 387.
Abzweigstation, Weichensicherung e. englischen (Eisenb.) A 289.
Acetylengasbeleuchtung 256.
Achsbuchsen an Eisenbahnwagen 260.
Achsen, verstellbare, an Eisenbahnwagen 240; — freie 241.
Achtergeschirr (Schiffstakel.) 661.
Achterschiff eines im Bau begriffenen Linienschiffes mit Kollisionsschott A 679.
Achterschoner, Segelschiff 648.
Achtersteven (Schiffb.) 651.
Achtungssignale (Eisenb.) 285.
Açoka, Verkehrswesen unter 8.
Adams, Bridges, Rillenschiene von 158; — schwebender Schienenstoß 149, A 150; — Trägerschiene 148, 158, A 148.
Addabrücke bei Paderno 400; — bei Trezzo 386.
Adhäsionsbahnen 102.
Admiralitätsanker A 663.
Admiralitätsformel, die englische 646.
Afrika, Eisenbahnen in 46, 81, 88; — Flußschiffahrt 420.
Agudio, Ingenieur 338 f.
Ägypten, Eisenbahnen in 83; — Flußschiffahrt im alten 413; — Handel u. Verkehr im alten 7, 12; — Schiffbau 591 f., A 591.
Aiken (Zahnradlokom.) 227 f.
Airekanal 481.
Aisne-Oisekanal 480.
Akersvaß, Schleusen von 474.
Albemarlekanal 477.
Alberti, Ingenieur 469.
Albula, Solysbrücke über die 64, A 62.
Alcantara, Römerbrücke bei 381, A 382.
„Alexandra“, Kasemattschiff 626, A 622.
Alexandria, Hafenanlagen v. 517.
„Alexandria“, Lastschiff des Hiero 598.
Algier, Eisenbahnen in 88.
Allan, Horatio, Ingenieur 206, 208, 210.
Allens Papierrad A 269.
Allier, Brücke über den 387.
Alpenstraßen 63 f.; — römische 58.
Alster, Schiffahrt auf der 438.
Amalfi, Handel von, im Mittelalter 16.
Amazonenstrom, Schiffahrt auf dem 419.
Amerika, Eisenbahnen in 46, 81, 83; — Eisenbahnwagen: dreiachsiges Drehgestell für 249, A 250; — Personenwagen 248, A 242; — innere Einrichtung A 251; — Luxuswagen von Pullmann 242 f., A 244 f.; — Lokomotivbau 205; — Kessel einer Riesenlokomotive A 177; — Schnellzugslokomotiven, ältere A 178; 208, A 210; jüngere 208, A 210 f.; 223, A 222; — zwölfräderige Güterzuglokomotive 228, A 226; — Petroleumlampe für Eisenbahnwagen 253, A 254; — Flußschiffahrt 419; — Holzbrückenbau 389; — Kanäle in Nordamerika 476.
Amerikanischer elektr. Wagen 72, A 70.
Ammanati, Bartol., Baumeister 387.
Amsterdam, Hafenanlagen in 538; — Handel im 16. Jahrh. 29; — Kanal von 492.
Anderton, Hebewerk bei 484, 490.
Andreossy, François, Ingenieur 471.
Angers, Brücke von 392.
Angola, Eisenbahnen von 88.
Angora, Brücke bei 383.
Angriffstorpedos 734.
Anker, Schiffs- 663; — Normal- A 663; — Patent- mit bewegl. Armen A 663; — verbesserter Inglefield- A 663; — Lichten des 684; — Ankerwinde A 657; — Dampfankerwinde A 687.
Ankerbojen (Seew.) 525.
Ankerketten 663.
Anlandevorrichtungen in Häfen 529.
Anluven des Schiffes 642.
Ansegelungstonnen (Seew.) A 519.
Antilibanon, Eisenbahn über den: Eintritt in den Tunnel bei Baraba A 44; — Strecke im Thale des Baraba A 45.
Antofogasta-Oruro-Eisenbahn 100.
Antwerpen als Handelsstadt im 16. Jahrh. 28; — Kai-Anlagen zu 524, A 454.
Apollodorus von Damaskus, Baumeister 381.
Applegarth (Taucherlampen) 677.
Aquädukte, gotische, römische 383; — alter Barton-A. A 35.
Araber, Brückenbau der 383; — Handel 14.
Arbel (Eisenbahnräder) 268.
Arboga, Kanal von 478.
Archer, Colin (Schiffb.) 631.
Archimedes: Theorie des Schiffes 592.
„Archimedes“, Schraubendampfer 605, A 606.
Argandlampe 561.
Argentinien, Eisenbahnen in 83.
Arhuaco-Indianer, Straßen der 60.
Arlbergbahn 100, 106; — Kraftstationen 98; — Trisanabrücke 399, A 398.
Arles, Viadukt von 406.
Armstrong: Hinterladegeschütz 709; — gezogenes Geschützrohr 709, A 710; — Bauweise einer 15 cm-Schnellfeuerkanone 714, A 713; — Schraubenverschluß der 20,3 cm-Schnellfeuerkanone in Wiegelafette 715, A 714; — Verschlußschraube 715; — Rahmenlafette mit Lamellenbremse A 716; — Panzerturm A 718; — 15 cm-Schnellfeuerkanone mit Wiegelafette in gepanzerter Kasematte A 720.
Arnobrücke in Florenz 387.
Arth-Rigi-Bahn 134.
Artillerie, Marine- s. Geschütze.
Ascheejektoren auf Schiffen 686.
Asien, Eisenbahnen in 46, 81, 88.
„Athabaska“, Bergung der A 587.
Athen, Häfen von 517.
Aufklotzung am Vorsteven 651.
Aufkreuzen des Schiffes 640.
Auflanger (Schiffb.) 652.
Aufschneiden der Weichen (Eisenb.) 305.
Aufschrumpfen der Radreifen (Eisenb.) 270.
Auftakeln eines Schiffes 659, 662.
Auftrag bei Eisenbahnbauten 96.
Auftrieb eines Schiffes 628.
Auftriebmine 733.
Aufzugbrücken s. Hubbrücken.
Aufzüge in Häfen 528.
Augspitzung a. d. Wanten 660.
„Augusta Viktoria“, Dampfer 615.
Augustower-Kanal 472.
Ausdehnungsplättchen (Eisenbahnen) 151.
Ausfahren von Seitenthälern (Eisenb.) 108, 113.

Digitized by Google

Ausfahrsignale (Eisenb.) 277.
Ausfahrtsignal mit elektr. Auslösevorrichtung (Eisenb.) 318, A 319.
Ausfallpanzerkorvette „Sachsen“, Hauptspant der A 677; — Panzerung A 725.
Ausgleichschienen (Eisenb.) 151.
Ausgleichseil bei Seilbahnen 342.
Ausgleichvorrichtungen für Weichen u. Signalleitungen 306; — durch Doppelhebel A 308; — Gelenkausgleicher für Gestänge A 308.
Ausholer, Schiffstau 662.
Auskragen beim Brückenbau 380.
Auslegerbrücken 379; — alte in Ecuador 379 A 381; — eiserne 394; — über den Firth of Forth 394, A 395f.; — über den Niagara 399, A 397.
Auslösevorrichtung, elektr., auf Blockstationen 317, A 318; — Ausfahrtsignal mit elektr. 318, A 319.
Ausrenntaljen an Schiffslafetten 708.
Ausrüsten (Brückenb.) 405.
Ausrüstung eines Schiffes 662.
Außencylinder, Lokomotiven mit 183, 203.
Außenhaupt an der Schleuse 470.
Außenhautgänge (Eisenschiffb.) 677.
Außenhautplanken (Schiffb.) 654.
Außenhautplatten, Biegen der (Eisenschiffb.) 668; — Blechwalze 668 A 669.
Außenrahmen, Lokomotiven mit A 183.
Ausstoßrohre f. Torpedos 789.
Australien, Eisenbahnen in 46, 81, 84; — Flußschiffahrt 420.
Ausweichstellen auf Seilbahnen 345; — Abtiche A 346.
Automobilen s. Straßenmotoren.
Avignon, Brücke zu 385 f. A 385.
Avisos, Dampfschiffe 627.
Avon, Cliftonbrücke über den 392.
Awningdeckschiffe 682.
Axenstraße am Vierwaldstätter See 64, A 63.

Baader, von (Eisenb.) 78.
Babylonien, Flußschiffahrt in 413; — Kanalbauten 465 f.; — Verkehrswesen 7.
Back (Schiffb.) 682.
Backbordbug, Schiff über 640.
Backstagen, Schiffstaue 661.
Backstagswind 640.
Baden, Eisenbahnen in 82, 85; — Landstraßen 37.
Bagdad, Eisenbahn nach 45.
Bagger 427; — Dampf- A 428; — „Beta“ a. d. Mississippi A 433; — Eimertrocken- A 495; — Greif- 456, A 455; — Pumpen- 537, A 538; — Spül- 506, A 507; — Trocken- 506, A 505; — Hebung eines gesunkenen A 584.
Bahnpost 322.
Baikalsee, Eisenbahnfähre über den 332, 334.
Baily, Thomas, Ingenieur 272.
Baken (Seew.) 547; — Wind- A 547; — Schaarhörn- 547, A 548; — hohe Mellum- A 548; — Leucht- A 557.
Baker, Benjamin, Ingenieur 350, 495.
Balanceruder 645.
Balancier-Räderschiffsmaschine 702, A 703.
Baldwins Lokomotive „Old Ironsides“ 208, A 209; — mit Drehgestell 208, A 209.
Balken, halbe (Schiffb.) 656.
Balkenbrücken 392.
Balkenbucht (Schiffb.) 655.
Balkenkiel (Schiffb.) 678.
Balkweger (Schiffb.) 653, 655.
Ballastseil bei Seilbahnen 842.
Ballastwasser bei Seilbahnen 840 f., 843.
Ballyfadarefluß, Fischtreppen im 450.
Balusch (Kanalbau) 503.
Bamberg, Regnitzbrücke zu 889.
Bandakkanal 474 A 475.
Bandon, Brücke bei 889.
Bange, de, gezogenes Geschützrohr von A 710; — Liderung 716.
Bangor, Brücke über die Menaistraße bei 392.
Banken der Schiffe 632.
Barbettetürme 718; — 32 cm-Geschütz mit zentraler Geschoßzuführung im A 719
Barentin, Viadukt von 406.
Bark mit halbem Winde segelnd mit Steuerbordhalsen A 640.
Barkassen 663.
Barkschiff 645.
Barlows Sattelschiene A 148; — Schienenstoß 149.
Barren, Sandbänke 427.
Barton Aquädukt, alter A 35.
Barton, Drehbrücke bei (Manchesterkanal) A 501.
Bast, Spitzkehre bei (Eisenb.) 116.
Batterie eines älteren Kriegsschiffes A 708; — schwimmende, „Demologos“ 604; — gepanzerte schwimmende 620, 709; — Teil einer A 620.
Batteriedeckschiffe 626.
Batterieschiffe 626.
Bauchgordings (Schiffstauwerk) 662.
Bauchstück (Schiffb.) 652.
Bauer, Ingenieur 584.
Bayern, Eisenbahnen in 82, 85; — Kanäle 482; — Staatsstraßen 37.
Beatenbergbahn 343 A 341.
Behr (Hängebahn) 375.
Beirut-Damaskus-Eisenbahn 187; — Eintritt in den Tunnel bei Barada A 44; — Strecke im Thale des Barada A 45; — Spurweite 92; — Tagespost 46, A 48.
Bela von Gonda, Ingenieur 435.
Beleuchtung der Eisenbahnzüge 253; — amerikan. Petroleumlampe 253, A 254; — Intensivlampe für Fettgas 254, A 255.
Belgien, Eisenbahnen in 83, 85; — Sandbergs Goliathschiene A 147; — Fahrgeschwindigkeit 325; — Spurweite 91; — Kanäle 492; — Mittelkanal: Hebewerk bei La Louvière A 485, 490, 492.
Bell, Henry (Schiffb.) 504.
Bellefonds, Linant de (Suezkanal) 496.
Bellevillekessel (Schiffsmasch.) 697, A 696.
Bellingrath (Kanalw.) 483.
Bell Rock, Leuchtturm auf 554 A 555.
Benediktiner, Brückenbau der 884.
Bénezét (Brückenb.) 884.
Benton-Harbors Gasolinemotorwagen 72 A 71.
Benz, Ingenieur 71.
Beobachtungsminen 784.
Beresinakanal 472 f.
Bergholzplanken (Schiffb.) 654.
Bergkrankheit 101.
Berglokomotive von Fink 214, A 215.
Berkinshaws gewalzte Schiene 144, A 145; — Schienenstoß 150.
Berlin, Eisenbahnen in 87; — elektr. Hochbahn 872, A 872 f.; — Stadtbahn 818; — Blockverfahren auf der 818; — Unterpflasterbahn 874; — Flußschiffahrt 418, 464; — Hafenanlagen 464; — Kanalverbindung m. der See 490; — Schiffbauschule 601; — Verkehrsleben 53.
Berlin-Spandauer Kanal 491.
Berlin-Zehlendorfer Eisenbahn 81.
Berline, Postwagen 237.
Bern, Kirchfeldbrücke bei A 400.
Bernoulli, Daniel (Schiffbau) 600, 602.
Berührungsmine A 782.
Besanmast 594.
Besansbaum 660.
Beschlagzeisinge, Schiffstaue 662.
Besegelung der Schiffe 687; — Fünfmaster A 688; — Brigg vor dem Winde segelnd A 638; — Diagramm betr. Richtung und Stärke des Windes 640 f. A 639; — Bark mit halbem Winde segelnd mit Steuerbordhalsen A 640; — Vollschiff am Winde segelnd 645, A 641; — Kiellinie A 642; — Boote mit verschiedenen Segeln A 643; — verschiedene Segelschiffstypen A 644; — Seitenansicht eines hölzernen, alle Segel führenden Vollschiffes T 659.
Bethlehem-Werke (Panzerpl.) 730.
Betriebsmittel im Eisenbahnverkehr s. Lokomotiven, Wagen.
Bevis-Schiffsschraube 706.
Bewässerungsanlagen im Altertum 465.
Bewegungswiderstände bei Eisenbahnen 102.
Beyer (Schwebebahn) 375.
Biaschinaschlucht, Kehrtunnel der Gotthardbahn in der 124, T 125, A 125; — bei Giornico A 126.
Biel-Magglingen-Bahn 343.
Bienenkorb (Linsenapparat) für Leuchttürme 564, A 565.
Bilbao, Schwebefähre in 410, A 411.
Bingerloch 436.
Binnensteven (Schiffb.) 651.
Binnenvorsteven (Schiffb.) 651.
Birmingham, Niederlagegebäude zu (1780) A 81.
Bissinger (Zahnbahn) 136, 165.
Biwaseekanal 492; — Schleuse 492, A 493; — geneigte Ebene 488.
Blackett (Lokomot.) 189.
Blackflußkanal 477.
„Black Prince“, Panzerschiff 621, 724.
Blackwall-Bahn 336.
Blake (Dampfpumpe) 705.
Blankenburg-Tanne-Eisenbahn 136; — Zahnstangeneinfahrt 167, A 164.
Blasrohr a. d. Lokomotive 176.
Blattstoß an Eisenbahnschienen A 152; — Haarmanns Wechselstegblattstoß 152, A 153.
Blechwalze für Außenhautplatten (Eisenschiffb.) 668, A 669.
Blenkinsops Zahnbahn (1812) 180, 236, A 236; — Zahnradlokomotive 188, 227, A 188.
Bliesen (Seew.) 561.
Blindachse an Lokomotiven 214.
Blinkfeuer (Seew.) 565.
Blitzfeuer (Seew.) 565.
Blockademinen 784.
Blöcke (Schiffstakel.) 662.
Blockfelder s. u. Blockverfahren.
Blockverfahren (Eisenb.) 308; — Blockwerk von Siemens & Halske 309, A 310; — Stationsblockung 311; — Stationsblockwerk geschlossen, geöffnet 311, A 312; — Verschublineal A 313; — mechanisch verschlossenes Doppelsignal der Londoner Untergrundbahnen A 313; — Streckenblockung 314; zweifeldrig A 314; vierfeldrig 316, A 317; — elektr. Auslösevorrichtung von Siemens & Halske 317, A 318; — Ausfahrtsignal mit elektr. Auslösevorrichtung 318, A 319.
Blockwerk s. u. Blockverfahren.
Blohm & Voß, Schwimmdock der Werft von 534, A 535.
Böcke am Wehr 444.
Boden, Baumeister 503.
Bodenstück an Geschützen 712.
Bodenwrange (Schiffb.) 652, 678.
Boesynge, Schleuse bei 471.
Bogenbrücken, eiserne 399.
Bogsker, Leuchtturm von 560.
Bohlenbahnen 142.
Bohlenweg, römischer A 58.
Bohrmaschine, elektr., im Eisenschiffbau 666, A 667.
Bojen 548; — eiserne Glockenboje A 549; — Ansegelungstonnen A 549; — Heulboje A 550; — Gasboje 551, A 550.
Bolgar, Handelsstadt 26.
Bolivia, Eisenbahnen in 83.
Bollée (Dampfomnibus) 70.
Bollwerk am Flußhafen A 456.
Bolzen beim Schiffbau 654.
Bombay, Hafenanlagen von 546.
Bomben 709, 723.
Bombenkanone von Paixhans 620, 709.
Bonn, Rheinbrücke bei A 400.
Boot „Nautilus“, unterseeisches 580, A 579.
Boot, Taucher-, von Haedicke A 579.
Boote, Dampfbei- 668, 686, A 664; — Kriegsschiffs- 663, A 664 f.; — Rettungs-

Digitized by Google

664, A 665; — Schiffs- 663, A 664 f.; — Segel- A 643.
Booth (Lokomot.) 200.
Bootsanker 663.
Bootsheißmaschinen 686.
Bore, Flutwelle 429.
Borkum, Leuchtturm auf 563.
Borries, v. (Lokomot.) 220.
Borsig (Lokomot.) 209.
Bosnischen Eisenbahnen, Spurweite der 92.
Boston, Signalbrücken auf dem neuen Bahnhof zu 298, A 299.
Brabant, Straßenbau in 61.
Bracketplatesystem (Eisenschiffbau) 674; — Doppelboden mit A 674.
Brad, Holzgleisbahn i. d. Apostelgrube zu 141.
Braithwaite & Ericssons Lokomotive „Novelty" A 200; — Kessel A 201.
Bramraaen 660.
Bramsegel 598.
Bramstenge (Seew.) 659.
Brasilien, Eisenbahnen in 83.
Brask, Hans (Kanalbau) 473.
Brassen, Schiffstaue 661.
Brassen der Raaen 661.
Bratspille auf Schiffen 657.
Braunschweig-Wolfenbütteler Eisenbahn 81.
Breitfußschiene von Stevens 146, A 147; — der preußischen Staatsbahnen (1885) A 147, 157; — Sandbergs Goliathschiene A 147; — von Vignoles A 147.
Breitfußschienengleise 153.
Breitspurbahnen 90.
Bremen, Hafenanlagen zu 525; — Kohlenschüttkran im Freihafen A 530; — Schiffsverkehr 423, 464.
Bremen, von, & Co. (Taucherapp.) 576.
Bremerhaven, Hafenanlagen im 522, A 523.
Bremsberge 335.
Bremsen an Eisenbahnwagen 256; — Hardy-Bremse 258, A 259; — durchgehende 255, 257; — Westinghouse-Schnellbremse 259, A 260 f.
Brennan-Torpedo 788.
Brenner-Bahn 42, 100, 106, 109, 114; — im Pflerschthale 118, A 114; — im Schmirner Thal 113, A 114.
Breslau, Hafenanlagen zu 464; — Schiffsverkehr 464; — Großschiffahrtsweg 438.
Breuschkanal 491.
Briare, Kanal von 471.
Bridgewaterkanal 474, A 34; — alter Barton Aquädukt A 35.
Brieftauben im Schiffahrtsdienste 567.
Brigantine, Segelschiff 643.
Brigg, Segelschiff 643, A 644; — vor dem Winde segelnd A 638.
Brillenlegel (Schiffstakel.) 662.
Brindley, James, Ingenieur 35 f.
Brioudebrücke 387.
Brisbane, austral. Fluß 420.
Bristol, Cliftonbrücke bei 392.
Britanniabrücke über die Menaistr. 112, 392, A 113.
Broadgauge (Eisenb.) 90.
Broadwell-Ring an Geschützverschlüssen 715.
Brockenbahn, Lageplan der A 120.
Bromberger Kanal 482, 491.
Brooklau an Schiffsgeschützen 708.
Brotherhood-Maschine für Torpedos A 786.
Broughton, Brücke von 392.
Brown, A. u. F. (Sirene) 569.
Brown & Co. (Panzerplatten) 725.
Brownsche Hebewerke (Kanalbau) 478, A 477.
Brownscher Telemotor 684; — Umsteuerungsmaschine 704.
Brückel, von, Ingenieur 412.
Brücken u. Viadukte 379; — Pont du Beguinage zu Brügge A 20; — Britannia- über die Menaistraße 112, A 113; — Thal- über die Kalte Rinne 110, A 111; — Müngstener Thal- 112, A 111; — Thal- der strategischen Schwarzwaldbahn A 122; — Solis- über die Albula am Schynpaß 64, A 62; — Hänge- über den Rio Chatatumpo 379, A 380; — alte Ausleger- in Ecuador 379, A 380; — römische bei Alcantara 381, A 382; — Halbkreisgewölbe 381, A 383; — Segmentgewölbe 381, A 383; — Lehrgerüst 381, A 383; — Brücke über den Halys 383, A 384; — zu Avignon 385 f., A 385; — von Martorell A 386; — alte zu Frankfurt a/M. A 387; — Rhein- bei Schaffhausen A 388; — A 388; — Portage-Thal- A 389; — Eisen- zu Coalbrookdale A 390; — zu Sunderland A 391; — gußeiserne über das Striegauer Wasser A 391; — Ketten- zu Budapest A 392; — Eisenbahn- bei Mainz A 392; — Eisenbahn- über den Johnsfluß A 394; — über den Firth of Forth 394, A 112, 395 f., T 396; — Niagara- der Michigan-Zentralbahn 399, A 397; — Trisana- 399, A 398; — über den Vindelelfven 400, A 399; — Kirschfeld- bei Bern A 400; — Rhein- bei Bonn A 400; — Zulage des großen Bogens der Kaiser Wilhelm- bei Müngsten A 400; — die neue East River- A 401; — bei der Probebelastung zusammengebrochene 401, A 402; — Montagegerüst 402, A 403; — steinerne 404; — Göltzschthal- 405, A 404; — Pruth- bei Jaremcze 405, A 404; — Donau- bei Inzigkofen A 405; — bewegliche 406; — Baaken- in Hamburg 406, A 407; — Aufzug- über den Murray 406, A 408; — Hub- zwischen dem Segelschiff- u. Oberländer Hafen in Hamburg 410, A 408; — bei Kairo 410, A 409; — Schmiede- in Königsberg 410, A 409; — Eis- über den Susquehanna A 410; — Schwebefähre in Bilbao 410, A 411; — die neue Elb- bei Hamburg 412, A 411; — Wiederherstellung des gesprengten Viadukts von Xertigny 1870 A 412.
Brückenbauanstalten 401.
Brückenbrüder, Orden der 384.
Brückendeck (Schiffb.) 682.
Brückenfähren 410.
Brückschienen 147, A 148.
Bruderfahrten 21.
Brügge, Pont du Beguinage zu A 20.
Brunel: Eisenbahnspurweite 90; — Schiene 147, A 148; — Tunnel unter der Themse 44 f.; — „Great Eastern" 607 f., 648.
Brünigbahn 135, A 97; — Felseinschnitt A 97; — Lokomotive A 232.
Brunnenfundierung eines Kais A 457.
Brunon (Eisenb.) 268.
Brunsbüttel, Molenbau in A 522.
Brunshausen, Wasserstandszeiger zu A 570.
Bruntons Lokomotive A 189.
Brüssel, Kanalverbindung mit dem Meere 495.
Brüssel-Michelner Eisenbahn 81.
Brustwehrmonitors 627.
Brustwehrturmschiffe 627; — „Devastation" 627, A 622.
Buchanan (Schaufelrad) 706.
Bucher (Zahnbahn) 168, 347.
Buck, Ingenieur 401.
Budapest, Kettenbrücke bei A 392; — Franz Josephsbrücke 399; — Seilbahn 340; — Unterpflasterbahn 364, A 365 ff.
Buffer, Eisenbahn- A 272; — mit Spiralfeder und Bufferkreuz 272, A 271.
Bufferkreuz (Eisenb.) 272, A 271.
Buganker 663.
Bugbänder (Schiffb.) 656.
Bugruder 645.
Bugspriet 652, 660.
Bugsprietstuhl 657.
Bugstagen (Schiffstauw.) 661.
Buhnen (Strombau) 427, 433.
Buildwas, Eisenbrücke zu 390.
Bulienen (Schiffstauw.) 662.
Bulk, Nebelsignalstation bei 569; — Sirene A 568.
Bullivant (Torpedoschutznetz) 742.
Bulton & Watt (Schiffb.) 603.
Bürgenstock-Bahn 340; — Wagen 347, A 346.
Bury & Co., Lokomotive von 207, A 206.
Bushnel (Torpedowesen) 781.
Büssings Drahtspanner am Weichenhebel 292, A 293; — Druckschiene 304; — Spitzenverschluß mit Abscherbolzen 305, A 304; — Gelenkausgleicher für Gestänge A 308; — Stellwerk 288.
Byzanz als Handelsstadt 12, 14.
Byzantiner, Brückenbau der 383.

Cab, Londoner elektrisches 71, A 70.
Caissche Fischtreppe A 450.
Caissons (Brückenbau) 398.
Caledonian-Kanal 476.
Callao-Oroya-Eisenbahn 100, 106; — Verruga-Viadukt 101, A 103; — Spitzkehren 117.
Cammel & Co. (Panzerplatten) 726.
„Campania", Doppelschraubenschiff 616; — Hintersteven mit Schraubenböcken 681, A 682.
Canet, Geschützrohre von 714, A 710; — automatischer Verschluß für Schnellfeuerkanonen 716, A 716; — 32 cm-Geschütz in Barbetteturm mit zentraler Geschoßzuführung A 719; — Wiegelafette 719; — Geschützturm für Schnellfeuerkanone A 720; — zentrale Geschoßzuführung 720.
Cantileverbrücken 394.
Capstans in Häfen 525.
Carcellampe 561.
Carguero (Lastträger) 4.
Carnegie (Panzerplatten) 730.
Carpenterbremse 259.
Cäsars Rheinbrücke 379.
Cäsarea, Hafen von 517.
Cathcarts Zahnstange 130; — Zahnradlokomotive A 227.
Cattle tracks 62.
Cayugakanal 477.
Ceard (Straßenbau) 64.
Centre, Kanal du 492; — Hebewerk bei La Louvière 485, 490, A 485.
Cernavoda, Donaubrücke bei 399.
Ceylon, Eisenbahnen auf 83.
Chaisen 52.
Chambers (Eisenb.) 288.
Champlainkanal 477.
Chaohing, Viadukt von 384.
Chapman: Drehgestell an Eisenbahnwagen 208; — Kettenlokomot. 189; — „architectura navalis" 601.
Chappe (Signalw.) 276.
Chares, Bildhauer 551.
„Charlemagne", Turmschiff 627, A 624.
„Charlotte Dundas", Dampfboot 602, A 601.
Charlottenburg, Wehr im Werderschen Mühlgraben bei 448.
Chasse-Marée-Segel A 643.
Chat-Moor (Liverpool-Manchester-Eisenb.) 205, A 41.
Chatillon-Commentry (Panzerplatten) 730.
Chausseen s. Landstraßen.
Chausseewalzen 67.
Cheasapeake-Delawarekanal 477.
Cheasapeakekanal 477.
Cheasapeake-Ohiokanal 477; — geneigte Ebene 488.
Chemungkanal 477.
Chenangokanal 477.
Chicago, Hochbahn in A 89.
Chicagokanal 478; — Brownsche Hebewerke zum Ausheben 478, A 477; — Drahtseilbahn für den Bau 478, A 479; — Riesenkran zum Ausheben 478, A 479.
Chiese, Philipp de (Kanalbau) 481.
Chile, Eisenbahnen in 83.
China, Brückenbau in 384; — Eisenbahnen 83; — Flußschiffahrt 413; — Hohlweg 8, A 9; — Kanalbauten 466; — Kaiserkanal 8, 466, A 7; — Plan von Soutscheou A 467; — Verkehrswesen 8, 14; — Stadtverkehr 52.
Chirk, Viadukt von 406.
Christensen (Kanalbau) 503.
Cincinnati, Ohiobrücke bei 393.
Citadellschiffe 627; — „Inflexible" 627, A 622; — „Prince George" 627, A 623; — „Royal Sovereign" 627, A 622.

„City of New York“, Dampfer 616.
„City of Paris“, Dampfer 615, 648, 681.
City- u. Südlondonbahn 361 f.
Clairflusse, St., Eisenbahn unter dem 368.
Clark, E. (Blockverfahren) 314.
Clark & Standfield, Dock von 535.
Clarke, Ingenieur 86.
„Clermont“, Fultons erstes Dampfschiff 604, A 603.
Clyde, Regulierung der 424.
Coalbrookdale, Eisenbrücke zu A 390.
Cochinchina, Eisenbahnen in 83.
Cockerills Lokomotive „Seraing“ A 213; — Engerthlokomotive 215.
Codicarii, Körperschaft der 415.
Coils an Geschützen 710.
Colbert, Straßenbau unter 61.
Coles (Turmschiffe) 626.
Collins-Dampferlinie 614.
Colomb, Ingenieur 578.
Colorado, Eisenbahnen in 106; — Georgetown-Schlinge u. Überschienung des Hagerman-Passes 119, A 123.
Colorado, Eisenbahnbrücke über den 399.
Colzaöl 561.
Compagnie Générale Transatlantique 614.
Compoundpanzer 725.
Compound - Räderschiffsmaschine A 702.
Conway, Brücke über d. 392.
Cooper, Peter (Lokomotive) 207.
Corcovadobahn 140.
Cordouan, Leuchtturm von A 552.
Coulissensteuerung an Lokomotiven 210.
Courtenays Heulboje A 550.
Cowcatcher (Eisenb.) 208.
Crampton - Lokomotive 175, 210, A 212.
Crewe, Schmalspurbahn in der Eisenbahnwerkstätte zu 94.
Crinan-Kanal 476.
Crookedlieekanal 477.
Cuba, Eisenbahnen auf 83.
Cubitt, Ingenieur 406.
Cugnots Dampfwagen 184, A 69.
Culmann, Techniker 134.
Cunard-Dampfschifflinie 607, 615 f.
Curts Schienenweg 142, A 143; — gußeiserne Winkelschiene 142, A 143.
Cursus publicus 59.
Cylinder an Schiffsmaschinen 702.
Cylinderkessel (Schiffsmasch.) 695.
Cylinderwehr 448.

D-Züge 248, A 247.
Dahlström, H. (Kanalbau) 503.
Daimlerscher Motor 71; — Motorfrachtwagen A 74.
Dalben (Hafenanl.) 525.
Daleys Gasoline-Motorwagen 72, A 71.
Dalmann (Flußkorrektion) 424.
Damaskus, Bedeutung für den Handel 6, 10; — Eisenbahn nach Beirut 45, A 44 f.; — Tagespost nach Beirut A 48.
Dammbalken a. d. Schleuse 470.
Dammfalze a. d. Schleuse 470.
Dampfankerwinde A 687.
Dampfausnutzung der Schiffsmaschinen 693.
Dampfbagger 427, A 428; — von Evans A 185.
Dampfbeiboote 686, 663, A 664.
Dampfboot „Charlotte Dundas“ 602, A 601; — „Clermont“ von Fulton 604, A 603; — „Komet“ 604; — von Miller, Taylor u. Symington (1789) 601, A 602.
Dampfheizung in Eisenbahnwagen 235, 252.
Dampfjacht, die kaiserlich russische: Oberdeck, Speisesaal u. Empfangszimmer A 689.
Dampf - Kreiselschneeschaufel, Görlitzer 330, A 329.
Dampfläutewerk, Latowskisches (Eisenb.) 286.
Dampfmaschine von Evans A 185; — liegende, für Schiffe A 699.
Dampf - Motorwagen von Shaver 72, A 71; — Simons 72, A 71.
Dampfpfeife an Lokomotiven 204, 277, 285; — s. Schifffahrtssignale 568.
Dampfprähme 506.
Dampfsammler an Lokomotiven 223, A 224.
Dampfschiffahrt, Einführung der 421, 602.
Dampfschiffe, graphische Darstellung der Beschleunigung der Dampferfahrten (1840 bis 1896), A 616; — Größenverhältnisse der Passagier- u. Schnelldampfer (1837—1897) 618, A 617; — „City of New York“ 615; — „City of Paris“ 615, 648, 681; — „Augusta Viktoria“ 615; — „Francis Ogden“ 607; — „Fürst Bismarck“ 615; — „Great Eastern“ 608, 672, A 612 f., 614; — „Great Britain“ 607, A 610 f.; — Hinterraddampfer A 680; — „Robert Stockton“ 607; — „Savannah“ 604; — „Scotia“ 615; — „Teutonic“ 615; — Doppelschraubenschiffe, Schnelldampfer, Panzerschiffe u. s. w. s. d.
Dampfschläge (Lokomot.) 219, 230.
Dampfschneeschaufeln 329; — von Leslie 329, A 328.
Dampfsirene (Schiffahrt) 569, A 568.
Dampfsteuerapparat 684; — d. Schnelldampfers „Kaiser Wilhelm d. G.“ A 686.
Dampfstrahlpumpe 182.
Dampfstraßenwalzen 68.
Dampftrompete an Lokomotiven 205, 277, A 204.
Dampfverteilungsschieber an Schiffsmaschinen 703.
Dampfwagen von Cugnot 184, A 69; — von Murdock A 184.
Dänemark, Eisenbahnen in 82, 86.
Darjeeling-Bahn 94.
Darly (Brückenb.) 390.
Datoll (Nebelhorn) 568.
Dausse, Ingenieur 66.
Dawenport, Mississippibrücke bei 389.
Dean, Viadukt von 406.
Deblockieren von Eisenbahnstrecken 815.
Décauville, Ingenieur 94.
Decharges (Schiffb.) 598.
Decks, eiserne (Schiffb.) 676 f.
Decksbalken (Schiffb.) 655, 673.
Decksbucht (Schiffb.) 655.
Decksplanken (Schiffb.) 656.
Decksstringer (Schiffb.) 673.
Decksystem im Straßenbau 69.
Dee, Viadukt des 406.
Deibemühle, Viadukt von 406.
Delme - Seckenburger Kanal 491.
Delaware, Holzbrücke über den 389.
Delaware-Divisionkanal 477.
Delawarekanal 477.
Delaware-Raritankanal 477.
Delhi-Kanal 468, 476.
Delorme, Ingenieur 388.
„Demologos“, erste schwimmende Batterie 604.
Dempgordings, Schiffstaue 662.
Denayrouze (Taucherk.) 574.
Denis, Ingenieur 79.
Denis, St., Schleuse mit 10 m Hubhöhe im Kanal von 470, A 471.
Deplacement eines Schiffes 628; — -koeffizient 629.
Desdonits Versuche über Laufwiderstände der Eisenbahnzüge 104, A 105.
Detmer (Kanalbau) 502.
Deutschland, Brückenbau im Mittelalter 386 f.; — Eisenbahnen 46 f., 80, 82, 85; — Fahrgeschwindigkeit 325; — Gepäckbeförderung 326; — Lokomotivbau 209; — Personenverkehr 326; — Signalbilder 282 f., 284 f., T 288; — Signalbrücke f. Wegesignale A 283; — Spurweite 91; — Flußschiffahrt 418; — Schiffsverkehr 546; — Kanäle 481, 468, 490; — Straßenbau 61, 66; — Verkehrsverhältnisse 16, 18, 21 f., 23 f., 26, 34, 87.
„Deutschland“, Schnelldampfer 616.
„Devastation“, Turmschiff 627, A 622.
Diagonalboote 664.
Diagonalwegerung (Schiffb.) 654.
Dichthammer (Schiffb.) 655.
Dichtung der Schiffe 655.
Dicksteqschienen 152.
Dilatationsplättchen (Eisenb.) 161.
Dingis, Schiffsboote 663.
Diolkos (Schiffstransport) 483.
Dioptrische Beleuchtungsapparate 554.
Dirk, Schiffstau 661.
Dirschau, Weichselbrücke bei 393, 399.
Distanzsignale (Eisenb.) 276.
Dockbänke 532, A 533.
Dockhäfen 520.
Docks, Schwimm- 534, A 535; — eisernes A 536; — Trocken- 531.
Dockschleusen 522.
Dodd, Ingenieur 193.
Dodgeschleuse bei Georgetown A 484.
Dom am Lokomotivkessel 180, 203.
Domigani, Ingenieur 66.
Dominici, Ingenieur 66.
Dominikanischen Republik, Eisenbahnen der 83.
Donau, Brücken über die: Ketten- bei Budapest A 392; — Franz Josephs- bei Budapest 399; — bei Cernavoda 399; — bei Inzigkofen A 405; — bei Munderkingen 405; — zu Neuburg 389; — bei Regensburg 387; — Trajans- 380; — Regulierung am eisernen Thor: Grebennase 434, A 434; — Aushebung des Kanals A 435; — Regulierung der Sulinamündung 436; — Schleuse am Nußdorfer Spitz 442, A 440.
Donau-Mainkanal 482.
Donau - Moldau - Elbekanal, Schleusen im 470.
Donkeykessel (Schiffsmasch.) 698.
Doodshofte (Schiffstauwerk) 660.
Doppelboden (Eisenschiffb.) 674; — mit Querspantensystem A 674; — mit Zellensystem A 674.
Doppelender (Schiffsmasch.) 696.
Doppelkeilverschlüsse an Geschützen 715.
Doppelkopfschiene von Locke (Stuhlschiene) A 148.
Doppelschraubenschiffe 615; — „Campania“ 616; — „Lucania“ 616; — „Majestic“ 615; — dreifache Expansionsmaschine 701, A 700.
Doppeltrunkmaschine von Penn A 699.
Dordogne, Brücke über die 392.
Dortmund, Hafenanlagen zu 464.
Dortmund - Emskanal 490, 492; — Hebewerk bei Henrichenburg 485, 488, A 486 f., 489.
Dost, Ingenieur 405.
Douro, Brücke bei Porto über den 400.
Dover, Anlandevorrichtung in 529.
Drahtritzsperre an Weichen 806, A 807.
Drahtseilbahnen s. Seilbahnen.
Drall der Geschützrohre 712.
Drehbrücken 405, 507; — des Manchesterkanals A 501; — Baakenbrücke in Hamburg A 407.
Drehfeuer (Seew.) 565.
Drehgestell an Lokomotiven 207 A 183; — Schnellzuglokomotive mit 169 A 171; — amerikan. dreiachsiges 249 A 250 f.; — Plattformwagen mit 262, A 263.
Drehreep (Schiffstakel) 662.
Drehscheibenlafette 718.
Dreideckschiffe 682; — „The Queen“ 600, A 601; — „The Sovereign of the Seas“ A 598; — „The Victory“ 598, A 599.
Dreimastgaffelschoner 645.
Dreimastschoner A 644.
Dreischienenbahn von Lartigue 374, A 375; — Lokomotive A 375.
Drempel an Schleusen 470; — auf Kriegsschiffen 656.
Dresden, Brücke bei 387; — Hafen 454 f.; — Schiffsverkehr 464.
Dreiel (Hebung gesunk. Schiffe) 588.
Druckknopfsperren an Blockwerken 816.

Digitized by Google

Druckschiene 303; — mit Riegel A 303; — mit Doppelriegel A 303.
Dübbel bei Holzbrücken 388.
Dubic, Ingenieur 471.
Ducdalben (Hafenanl.) 525.
Dudgeons Schiffsmaschine 613, A 615.
Duisburg, Hafenanlagen von 454, 461; — Schiffsverkehr 464.
Dungneß, Leuchtturm von 562.
Duplex-Verbund-Lokomotive von Mallet 218, A 217.
Dupuy de Lôme: Einführung der schwimm. Batterien 620 f.; — Schiffsmaschine 699.
Durchbolzen im Schiffbau 655 f.
Durchgangswagen 237.
Durchsacken des Kieles (Schiffb.) 653.
Durchstich bei Januschkowitz (Oder) A 441.
Durrer, Ingenieur 347; — (Zahnbahn) 168.
Dürrkessel (Schiffsmasch.) A 697.
Düsseldorf, Binnenschiffahrtsverkehr von 464; — Hafenanlagen 464, A 453; — elektrisch betriebene Winkelportalkräne A 460; — Rheinbrücke 401; — Signal- u. Weichenstellwerk A 295.
D-Züge 248, A 247.

Eads (Schiffseisenbahn) 515.
Eames-Bremse 261.
Eastmans Heizwagen 268, A 267.
East River, Brücke bei New York über d. 394; — neue Brücke A 401.
Ebbe 425.
Ebenen, geneigte (Kanalbau) 482, 488; — bei Elbing A 483.
Ebner (Minen) 733.
Echtersches Wandgemälde im Staatsbahnhof zu München A 75.
Ecole des ponts et chaussées 63.
Ecuador, Eisenbahnen in 88; — Auslegerbrücke 379, A 381.
Eddystone, Leuchtturm von A 553.
Edinburg, Firth of Forthbrücke f. d.; — Grantonfähre bei 332.
Egells (Lokomot.) 209.
Egestorff (Lokomot.) 209.
Eiderkanal 502.
Eigengewicht eines Schiffes 628.
Eigenwiderstand eines Fahrzeuges 102.
Eimertrockenbagger A 495.
Einbaum 6.
Einbuffer (Eisenb.) 271.
Einfahrsignale (Eisenb.) 277, 282, T 282.
Einheitspatrone f. Schnellfeuerkanonen 721.
Einholer, Schiffsbau 662.
Einholtalje an Schiffslafetten 708.
Einschienenbahnen 349, 374.
Einschraubenschiffen, Steven auf 680.
Einzelachsen, verstellbare, a. Eisenbahnwagen 240.
Eisbrücke über den Susquehanna A 410.
Eisenbahnen 75; — Echtersches Wandgemälde im Staatsbahnhof zu München A 75; — Bedeutung für die Kulturentwickelung 37; — Geschichtliches 39; — Ausbreitung in den einzelnen Ländern 78; — Einteilung 89; — Bauliches, Zugwiderstände u. Steigungsverhältnisse 95; — Linienführung 108; — Zahnbahnen 130; — Oberbau 141; — Oberbau der Steilbahnen 168; — Betriebsmittel: Lokomotiven 169; — Geschichte der Zahnradlokomotive 227; — Wagen 236; — Bremsen 256; — Signalwesen u. Weichensicherung 275; — Blockverfahren 308; — Sicherung der Schienenübergänge 312; — Zugdienst u. Fahrgeschwindigkeit 321; — Schneepflüge u. Schneeschleudermaschinen 327; — Fährboote (Trajektanstalten) 331; — Seilbahnen 335; — Stadtbahnen 347; — Untergrundbahnen 349; — Tunnelröhrenbahnen 359; — Unterpflasterbahnen 364; — Hochbahnen 369; — Hänge- od. Schwebebahnen 374.
Eisenbahnräder 268; — Gußeisenrad A 268; — Holzrad 268, A 269; — schmiedeeisernes Speichenrad 268, A 269; — Papierrad A A 269; — Räderform an der Lauffläche A 270; — Sprengringbefestigungen A 271.
Eisenbahnwagen 236; — Blenkinsops Zahnbahn A 236; — Züge der Liverpool-Manchester Eisenbahn (1830—1835) 236, T 236; — Personenwagen 237; — erster Personenwagen der Stockton-Darlington-Eisenbahn (1825) 236, A 237; — englische Personenwagen 1839—1897 237, A 238 f., 248; — Gangart 240; — freie Lenkachsen A 241; — amerikanische Personenwagen 243, A 242; — engl. Personenwagen mit verstellbaren Endachsen 244, A 243; — amerikan. Luxuswagen von Pullmann 242 f. A 244 f., 246; — Wagen mit Seitengang 248; — Luxuszüge 248; — D-Wagen der Gotthardbahn 249, A 247; — Inneres eines Speisewagens A 249; — dreiachsiges amerikanisches Drehgestell 249, A 250 f.; — Polsterung i. d. Wagen der preuß. Staatsbahnen 249, A 250; — Wasch- u. Abortseinrichtungen 250; — Heizung 250; — innere Einrichtung eines amerikan. Personenwagens A 251; — durchlaufende Personenwagen 323; — Lüftung 253; — Beleuchtung 253; — amerikan. Petroleumlampe 253, A 254; — Intensivlampe für Fettgas 254, A 255; — Bremsen 256; — Anordnung des Hardy-Bremscylinders und der Kuppelung 258, A 259; — Westinghouse-Schnellbremse 259, A 260 f.; — Güterwagen 261; — Plattformwagen mit Drehgestellen 262, A 263; — englische Güterwagen 1844—1897 262, A 264 f.; — Talbots Güterwagen 263, A 266; — Kruppscher Geschützwagen 263, A 266; — Fischwagen 266, A 267; — Heizwagen 268, A 267; — Gußeisenrad A 268; — schmiedeeisernes Speichenrad 268, A 269; — Papierrad A 269; — Holzrad 268, A 269; — Räderform an der Lauffläche A 270; — Sprengringbefestigungen A 271; — Buffer mit Spiralfeder u. Bufferkreuz 272, A 271; — Einbuffer 272; — Buffer der Londoner Untergrundbahnen A 272; — Sicherheitskuppelung A 273; — Zugvorrichtung A 274.
Eisenbrücken 390.
Eisen- u. Stahlschiffbau 655; — Kompositbau 664, A 666; — elektr. Bohrmaschine 666, A 667; — Glühofen u. Spantenbiegeplan (Richtplatten) mit Schmiegemaschine A 668; — Blechwalze für Außenhautplatten 668, A 669; — fahrbarer Helingkran mit hydraulischen Nietmaschinen A 670; — Schnelldampfer „Kaiser Friedrich" in Spanten stehend auf der Werft von Schichau A 671; — Linienschiff „Kaiser Barbarossa" auf der Werft von Schichau A 672; — Kielverbindungen A 673; — Doppelboden mit Querspantensystem A 674; — Doppelboden mit Zellensystem A 674; — Hauptspant eines Panzerschiffes A 675; — Querschnitt eines Panzerdeckkreuzers A 676; — Hauptspant der Ausfallpanzerkorvette „Sachsen" A 677; — Querschnitt durch den Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm d. G." A 678; — Achterschiff eines im Bau begriffenen Linienschiffes mit Kollisionsschott 678, A 679; Hinterraddampfer A 680; — Hintersteven mit Steuerruder A 681; — Hintersteven des Schnelldampfers „Campania" mit Schraubenböcken 681, A 682; — Schnelldampfer „Oceanic" vor dem Stapellauf A 683; — Vorrichtung, um den Schlitten auf geneigter Ebene zu halten 682, A 684; — Panzerkreuzer „Fürst Bismarck" auf Helgen zum Stapellauf bereit A 685; — Schwimmkran zum Einsetzen von Maschinen u. Kessel A 685; — Steuereinrichtung des Schnelldampfers „Kaiser Wilhelm d. G." 684, A 686; — Dampfankerwinde 684, A 687; — Frachtwinde 686, A 687; — Speisesalon u. Gesellschaftssalon des Schnelldampfers „Kaiser Wilhelm d. G." A 688; — Oberdeck, Speisesalon u. Empfangszimmer der kaiserlich russischen Dampfjacht A 689; — Mannschaftsraum eines Kriegsschiffes 692, A 690; — Linienschiff „Kaiser Wilhelm d. G.": Seitenansicht, Vorderansicht, Durchschnitt T 691; — gepanzerter Kommandoturm 692, A 691.
Eisenschwellen (Eisenb.) 156.
Eisernen Thor, Regulierungsarbeiten am 434; — Grebennase A 434; — Aushebung des Kanals A 435.
Elbe, Brücke bei Dresden über die 387; — neue Brücke bei Hamburg 412 A 411; — Schiffahrt 416, 418; — Wehranlage bei Pretzien 447; A 446.
Elberfeld-Barmener Schwebebahn 376, A 377.
Elbe-Travekanal 491 f.
Elbing-Oberländischer Kanal 488, 491.
Elder, John (Dampfmasch.) 613.
Elefant als Lasttier 5.
Elektrizität, Verwendung der, auf Schiffen 687.
Elevator, Getreide- 462, A 461; — pneumatischer A 462.
Ellis (Panzerplatten) 725.
Elm, Spitzkehre bei 116.
Elsaß-Lothringen, Eisenbahnen in 82.
Elsterthalviadukt 405 f.
Emigrantenwagen (Eisenb.) 321.
Ems-Jadekanal 492.
Endachsen, engl. Personenwagen mit verstellbaren 244, A 243.
Engerth-Lokomotive 213, 215.
England, Brückenbau in 385, 390; — Eisenbahnen 46, 82, 85; — Fahrgeschwindigkeit 324 f.; — Gepäckbeförderung 326; — Gleisübergang 319, A 320; — Güterwagen 1844—1897 262, A 264 f.; — Lokomotivenbau 186; — Mastensignal A 277; — Personenverkehr 326; — Personenwagen 1839—1897 237, A 238 f., 248; — Schnellzuglokomotiven 228, A 225; — Sicherung einer Gleiskreuzung 296, A 297; — Signalbrücke mit 44 Flügelsignalen 283, A 285; — Sperrwerk für Wegschranken 319, A 320; — Spurweite 91; — Stellwerke 296; — Stellwerkhebel mit Verschlußvorrichtung 291, A 292; — Weichensicherung einer Abzweigstation A 289; — Handels- u. Verkehrsverhältnisse 21, 30, 34; — Kanäle 474; — Schiffbau 596, 601; — die englische Kanalflotte 1863 A 619; — Straßenbau 62.
Enos' Hängebahn 375, A 376.
Entlüftungsanlage f. Untergrundbahn A 358.
Erde, Eisenbahnnetz der 46, 82.
Ericsson, John: Porträt A 607; — Schleusen 474; — „Monitor" 626; — Schaufelrad 606, A 608; — Schiffsschraube 605 f.
Ericsson, Nils (Lokomot.) 474; — s. a. Braithwaite.
Erie-Eisenbahn, Portage-Thalbrücke der A 389.
Eriekanal 477 f., 478.
Erisson, John (Schiffsmasch.) 705.
Erkrath, Seilbahn bei 335 f.
Eselshaupt am Maste 659.
Eselshooft am Maste 659.

Digitized by Google

Esprit, St., Brücke zu 385.
Esserkanal 477.
Est, Kanal de l' 480.
Etienne-Lyoner Eisenbahn 81.
Etrusker, Brückenbau der 380; — Verkehrswesen 10.
Etzel, von, Ingenieur 113.
Euler, Albert (Schiffbau) 602.
Euler, Leonhard (Schiffbau) 600.
Euphratbrücke in Babylon 379.
Europa, Eisenbahnen in 81 f.; — Flußschiffahrt 414.
Evans, F. J. (Kompaß) 648.
Evans, Oliver, Dampfbagger von A 185; — Dampfboot 421; — Dampfmaschine A 185; — Dampfwagen 70.
Evolventenverzahnung (Zahnbahn) 165.
Expansionsmaschine, dreifache, für Zweischraubenschiffe, für Kriegsschiffe 701, A 700.

Fach (Schiffb.) 653.
Fachbaum am Wehr 443.
Fährboote für Eisenbahnen 331; — am St. Lorenzstrom A 332; — Solanofähre bei San Francisco 333, A 334.
Fähren 379; — Schwebefähren 410; — in Bilbao A 411.
Fahrgeschwindigkeit der Eisenbahnzüge 321.
Fahrpreise der Eisenbahnen 326.
Fahrsignale (Eisenb.) 283, T 283.
Fahrstraßenfelder (Blockverfahren) 311.
Fahrstraßenhebel (Eisenb.) 294.
Fairbairn (Schiffb.) 648.
Fairlielokomotiven 175, 216, A 215.
Falscher Schienenstoß 151.
Fall im Schiffstauwerk 662.
Falschspuren der Eisenbahnwagen 302.
Favre, Louis (Gotthardbahn) 127.
Fehrbelliner Kanal 491.
Feld, das lange, an Geschützen 712.
Feldbahnen mit Dampfbetrieb A 93; — mit elektrischem Betrieb A 93; — mit Handbetrieb A 93; — mit Tierbetrieb A 93.
Fell (Eisenb.) 140, 214, 374.
Fenten, Ingenieur 251.
Fernstraße 64.
Feroze-Kanal 467.
Ferriol, St., Wasserbehälter von 471.
Festiniogbahn in Wales 92, A 91.
Fettgas, Intensivlampe für 254, A 255.
Feuer, farbige (Seew.) 566; — feste, unterbrochene 565; — tauchendes A 566.
Feuerbüchse a. d. Lokomotive 176, 179.
Feuerkiste an der Lokomotive 176.
Feuerrohrkessel (Schiffsmasch.) 695, A 694 f.
Feuerschiffe (Seew.) 566, A 567.
Feuerungsmittel f. Lokomotiven 218.
Fiaker 52.
Fieren des Tauwerks 661.
Findlay (Eisenb.) 286.
Fingerlinge am Steuerruder 658.
Fink'sche Berglokomotive 214, A 215.
Finknetzkasten (Schiffb.) 656, 677.
Finow-Kanal 417, 482, 491.
Firth of Forthbrücke 395, 898, A 112; — im Bau T 396; — lebendes Modell A 395; — Pfeiler im Bau 898, A 896; — Träger während des Baues A 897.
Fischbauchschiene, außeiserne von Jessop, auf Steinwürfelunterlage 143, A 144; — schmiedeeiserne (1830) A 145.
Fischereihäfen 520.
Fischerstoß (Eisenb.) 152.
Fischpässe 450; — Macdonaldscher A 451.
Fischtreppen 449, A 449; — Caillsche A 450.
Fischungsplanken (Schiffb.) 656.
Fischwagen, Eisenbahn- 266, A 267.
Fischweg (Flußkanalisier.) A 449.
Fitch (Schiffb.) 421, 602.
Flachkiel (Eisenschiffb.) 674.
Flachlandbahnen 89.
Flachschiene der Leipzig-Dresdener Bahn (1837) 146, A 147.
Flandern, Straßenbau in 61.
Fleete, Kanäle 619; — großes in Hamburg A 50.
Fletcher & Farnell (Taucherboot) 580.
Flicksystem im Straßenbau 69.
Florenz, Arnobrücke in 387.
Floridsdorf-Wagramer Eisenbahn 81.
Flöße 6.
Floßschleusen 443.
Flugasche 176.
Flügelsignale (Eisenb.) 276.
Flurstück (Schiffb.) 652.
Flußdampfschiffahrt, Anfänge der 421.
Flußhäfen 452; — Hafenanlagen zu Düsseldorf A 453; — Kaianlagen zu Antwerpen A 454; — Greifbagger 456, A 455; — Querschnitt eines Bollwerkes A 456 — Brunnenfundierung d. Kais zu Glasgow A 457; — Kaimauer auf Pfahlwerk mit Steinschüttung am Hafen von New York A 457; — Kaimauer auf Pfahlrost 459, A 458; — Mauer auf Beton A 458; — Kaimauer mit Steinkistenfundierung A 459; — elektrisch betriebene Winkelportalkräne in Düsseldorf A 460; — Lagerhaus zu Worms A 460; — Getreideelevator in Thätigkeit A 461; — pneumatischer Getreideheber A 462; — Werft- u. Hafenanlagen i. d. Rheinau zu Köln A 463.
Flußkanalisierung 438; — des Mains 438, A 440; — Staustufe bei Konty (Oder) A 440; — Schleuse am Nußdorfer Spitz (Donau) 442, A 440; — Durchstich von Januschkowitz A 441; Nadelwehr mit Klappenwehr 444, A 445; — Wehranlage bei Bretzsch a. d. Elbe 447, A 446; — Klappenwehr A 447; — Trommelwehr 448, A 447; — Fischweg A 449; — Treppe des Pernathwehres A 449; — Caillsche Treppe A 450; — Macdonalds Fischpaß a. d. Potomacfällen 450, A 451; — Aalrinne A 451.
Flußkorrektionen 422; — Flutkurve A 426; — Dampfbagger auf der Elbe 427, A 428; — Längenprofil des Flutgebiets der Weser A 431; — Bagger Beta auf dem Mississippi A 433; — eisernes Thor: Grebennaie A 434; Aushebung des Kanals A 435; — Ansicht eines Taucherschachtes A 436; — Taucherschacht der Rheinstrombauverwaltung A 437.
Flußläufe u. Flußschiffahrt 413; — am oberen Jantsekiang A 414; — Ganges bei Benares A 415; — Hudsondampfer A 421; — elektr. Tauerboot A 422.
Flußschiffahrt, Anfänge der 6; — s. Flußläufe.
Flut 425.
Flutgrenze 426.
Flutkurve A 426.
Flutmesser 426.
Flutwellen 426.
Jochen, Viadukt von 406.
Fockmast 594.
Foix, Louis de, Ingenieur 552.
Folkestone, Viadukt von 406.
Fondaco dei Tedeschi 20.
Fontenay, Ingenieur 406.
Fontinettes, Schiffshebewerk bei 485, 490.
Fordon, Weichselbrücke bei 399.
Forellen, Treppen für A 449.
Formstabilität eines Schiffes 631.
Fossa Mariana 423, 518; — Trajana 423.
Fowler, John, Ingenieur: Firth of Forthbrücke 395; — Stoßbrücke 152 A 153; — Untergrundbahn 350.
Fox (Flammrohre) 695.
Frachtwagen, Daimlerscher Motor- A 74.
Frachtwinde A 667.
Francis' Patentrettungsboot 644, A 665.
„Francis Ogden“, Dampfschiff 607.
Francisco, San, Kabelbahn von 336; — Solanofähre bei 333 A 334.
Frankfurt a. M., alte Brücke zu A 387; — Hafenanlagen 464; — Schiffsverkehr 464.
Frankreich, Binnenschiffahrt 480; — Brückenbau 384, 388; — Eisenbahnen 46, 82, 85; — Fahrgeschwindigkeit 325; — Personenverkehr 326; — Kanäle 471, 480; — Straßenbau 37, 61, 63, A 61.
Franzius, L. (Flußkorrektion) 424, 428, 432.
Fraser (Geschützw.) 710.
Fregatten 620.
Freibord am Schiffe 628.
Freiburg, Saanebrücke bei 392.
Freilagerplätze in Flußhäfen 459.
Freising, Isarbrücke zu 389.
Freitauchen 572.
Fresnel, Augustin (Beleucht.) 561, 564.
Fresnel, Léonard (Dioptrik) 564.
Freycinet (Kanalbauten) 480.
Friedrich-Franzkanal 491.
Friedrichsgraben, Großer 491.
Friedrichskanal 482.
Friedrich-Wilhelmkanal 491.
Frischen (Signalw.) 281.
Froude (Schiffb.) 629, 645 f.
Fruchtschiffe 637.
Fuchs, Zimmermeister 388.
Führerhäuser (Eisenb.) 235.
Führungsschiene 159 A 160.
Fulda, Kanalisierung der 439; — Wehr bei Münden 442.
Füllhölzer (Schiffb.) 653.
Füllrohr f. Ballastwasser bei Seilbahnen 341, A. 339, 343.
Fülscher, Ingenieur 503.
Fulton, Robert, Ingenieur 603; — Porträt A 602; — erstes Dampfschiff 421, 603, A 603; — Unterwasserwaffen 732.
Fundamentierung der Brücken 386.
Fünfmaster A 638.
Funk, Zimmermeister 388.
Funkelfeuer (Seew.) 565.
Funkenfänger a. Lokomotiven 176.
Furkastraße 115.
„Fürst Bismarck“, Doppelschraubenschiff 615.
„Fürst Bismarck“, Panzerkreuzer 627, A 624; — zum Stapellauf bereit A 685.
Furten 379.
Fußwärmer in Eisenbahnwagen 251.

Gaffel (Schiffstakel.) 660.
Gaffelschiffe 660.
Gaffelschoner A 644.
Gaffelsegel A 643.
Galeas, Segelschiff 643.
Galeassen, venezianische 594.
Galeeren, venezianische 594.
Galeratunnel 42.
Galerien auf Schiffen 598.
Galerien an Straßen 64; — der Axenstraße 64, A 63; — der Weinzettlwand (Semmeringbahn) A 110.
Galiote, Segelschiff 643.
Gallion (Schiffb.) 598.
Gallionshölzer am Vorsteven 651.
Gallionsschegg am Vorsteven 651.
Gangart der Eisenbahnwagen 240.
Ganges bei Benares 414, A 415.
Gangeskanal 476.
Gangspills in Häfen 525; — auf Schiffen 657.
Garabitthalbrücke 400.
Gardenreiter 24.
Gardner (Geschützw.) 720.
Gasboje A 550.
Gasoline-Motorwagen von Benton-Harbor 72, A 71; — von Daley 72, A 71.
Gatling (Geschützw.) 720.
Gauthey, Ingenieur 388.
Gebirgsbahnen 89.
Geerden, Schiffstaue 662.
Geien, Schiffstaue 661.
Geitaue (Schiffstakel.) 662.
Gekehrtspant (Eisenschiffb.) 673.
Geleit im Mittelalter 24.
Gelenklokomotiven 213.
Geneseethalkanal 477.
Genua, Hafenanlagen von 542; — Handel im Mittelalter 16, 18, 20 f., 27.
Georgetownschlinge (Colorado) 122, A 123.
Gepäckbeförderung auf Eisenbahnen 326.
Geradlaufapparat für Torpedos 738.
Gerke (Flußregul.) 431.
Gerdau, Ingenieur 488.
Gerstner, Franz von, Ingenieur 78.

Digitized by Google

Gerwig (Eisenb.) 118.
Geschäftswagen, elektrisch betriebener 73, A 72.
Geschosse, Artillerie- 722, A 722.
Geschoßförderwerke auf Schiffen 686.
Geschoßraum der Geschütze 718.
Geschoßzuführung, zentrale 720; — 32 cm-Canet-Geschütz in Barbetteturm mit A 719.
Geschütze, Marine- 708; — Batterie eines älteren Kriegsschiffes A 708; — Geschützrohre A 710; — Kruppsche Zugform A 712: — Bauweise der Schnellfeuerkanonen 714, A 713; — Schraubenverschluß von Armstrongs 20,3 cm Schnellfeuerkanone in Wiegelafette 715, A 714; — automatischer Verschluß von Canet für Schnellfeuerkanonen 716, A 715; — Rahmenlafette von Armstrong mit Lamellenbremse A 716; — Rahmenlafette von Vavasseur 716, A 717; — Krupps Mittelpivotlafette mit Schutzschild 716, A 717; — Panzerturm von Armstrong 717, A 718; — Hauptspant des Turmschiffes „Preußen“ mit Panzerturm 717, A 718; — 32 cm-Canet-Geschütz in Barbetteturm mit zentraler Geschoßzuführung A 719; — 15 cm-Armstrong-Schnellfeuerkanone mit Wiegelafette in gepanzerter Kasematte A 720; — Geschützturm für Schnellfeuerkanone von Canet A 720; — Revolverkanone A 721; — Maschinenkanone von Maxim A 721; — Schnellfeuerkanone A 722; — Einschnelzen von Zügen A 723; — Geschosse 722, A 723.
Geschützrohre, gezogene 709, A 710; — französisches 711, A 710.
Geschützturm f. Schnellfeuerkanone von Canet A 720.
Geschützwagen von Krupp 263, A 266.
Gesellschaftswagen für 12 Personen, elektrisch betriebener 73, A 72.
Getreideelevator 462, A 461; — pneumatischer A 462.
Getreidetransport auf Schiffen 462.
Geulthal, Viadukt im 406.
Gewichtsstabilität eines Schiffes 631.
Gewölbe im Brückenbau 380 f.; — Halbkreis-, Segmentgewölbe 381, A 383.
Ghega, Ingenieur 108.
Gibsons Sprengringbefestigung A 271.
Giens (Schiffstakel.) 662.
Gießbachbahn 340 f.; — obere, untere Station A 339; — eiserner Viadukt 341, A 340; — Umkehrrolle nebst Füllrohr 345, A 343.
Giffard (Injektor) 182.
Gigs, Schiffsboote 663.
Gilbert (Lokomot.) 186.
Gillingshölzer (Schiffb.) 652.
Gillung am Raasegel 643.
Gitterbrücken 393.
Glasgow, Hafenarbeiten in 421; — Brunnenfundierung des Kais A 457.
Glattdeckschiffe 681.
Glehn, de (Lokomot.) 221.
Gleis, gepflasterte Landstraße mit A 68.
Gleisbau im Eisenbahnbau 153; — Hakennagel, Schienenschraube A 154; — Laschenverbindung A 155; — Schienenstuhl A 155; — abgenutzter Schienenstuhlnagel 157, A 156; — Holzdübel für Schienenstühle 157, A 156; — englischer Holzdübel mit Eisennagel 157, A 156; — Stuhlschienenoberbau 157, A 156; — Schienenbefestigung durch Hakenplatte u. Klemmplättchen A. 157; — Hartwichs Schwellenschiene 158, A 157; — Haarmanns Straßenbahn-Oberbau mit Schutzschiene 158, A 157; — Rillen- oder Phönixschiene 158, A 157; — Greaves' Glockenunterlagen A 158; — Zwangsschiene in Gleisbögen A 160; — Schleppweiche A 160; — verschiedene Weichen A 161.
Gleisbogen der New Yorker Hochbahn 369 A 371.
Gleisdreieck der Berliner Hochbahn A 372.
Gleise, Hafen- 526.
Gleiskreuzung, Signalsicherung einer 296, A 297.
Gleisplan s. Weichensicherung 300, A 301.
Gleisübergang, englischer 319, A 320.
Glocken, Taucher- 577.
Glockenboje, eiserne A 549.
Glockenunterlagen für Eisenbahnschienen von Greaves A 158.
„Gloire“, Hochseepanzerschiff 621, 724.
Glühofen u. Spantenbiegenplan mit Schmiegemaschine (Eisenschiffb.) 667, A 668.
Golbey, Schleusentreppe von 480.
Goliathschiene von Sandberg A 147.
Göltzschthalviadukt 112, 405 f., A 404.
Gooch (Lokomot.) 210.
Görlitz, Viadukt bei 406.
Görlitzer Dampf-Kreiselschneeschaufel 330, A 329.
Gornergratbahn 100, 140; — Brücke über den Findelenbach A 88; — Spurweite 95; — fertiges Tunnelportal 130, A 129; — Beginn eines Tunnelbaues 130, A 129; — Lokomotive A 229.
Götakanal 474.
Goten, Baukunst der 383.
Gotthardbahn 100, 106, 123; — bei Giornico A 43; — Kraftstationen 98; — Schleifen u. Schlingen: Kehrtunnel im Tessinthale 124, T 125; — Wasener Schleife 124, T 125; — Kehrtunnel i. d. Biaschinaschlucht 124, T 125, A 125; — Schnellzug der A 221; — D-Wagen 249, A 247.
Gotthardstraße 66, 115; — die Schoellenen A 65.
Goubet (Unterwasserboot) 743.
Graben, Elbe-Oderkanal 416.
Grabow, Schiffbauschule zu 601.
Granaten 709, 723.
Grand-Junction-Eisenbahn, älteste Standsignale der 275, A 276.
Grands chemins 61.
Grand-Westernkanal 484; — Hebewerk 484, 490.
Granton-Eisenbahnfähre 332.
Grasshopper beam 185.
Graubünden, Straßenbau in 64.
Gravenhorst, Baurat 69.
„Great Britain“, Dampfer 607, A 611; — Maschine A 610; — Schraube A 610.
„Great Eastern“, Dampfschiff 608, 672, A 612 f., 614.
„Great Western“, Dampfschiff 607, A 609; — Maschine A 609.
Great-Western-Eisenb., älteste Standsignale A 276.
Great Western Steamship Company 607.
Greathead, Ingenieur 359.
Greaves' Glockenunterlagen (Eisenb.) A 158.
Green Mountains, Zahnbahn in den 140.
Greenwich, Schiffbauschule zu 601; — Viadukt von 406.
Gregory (Signalw.) 276.
Greifbagger 456, A 455.
Griechenland, Eisenbahnen in 82; — Handelsverkehr im Altertum 10; — Schiffbau im Altertum 592; — Triere A 592; — Seehäfen im Altertum 517; — Straßenbau im Altertum 55
Griffith-Schiffsschraube 706.
Grimselstraße 115
Grödel-Elsterwerdakanal 491.
Großbrassen, Schiffstaue 661.
„Großer Kurfürst“, Heben des verunglückten 589, A 590.
Gr.-Horst, Leuchtturm zu 560.
Großmarsbrassen, Schiffstaue 662.
Großmast 594.
Großschiffahrtsweg von Breslau 438.
Großstengestag (Schiffstauwerk) 661.
Grubenmann, J. U., Zimmermeister 388.
Grundminen 733.
Grundruhrrecht 25.
Grüninger, Ingenieur 134.
Gruppen-Blinkfeuer (Seew.) 565.
Grusons Hartgußpanzerturm 731, A 730.
Grütschalpbahn 106, 340, A 337; — Seilgewicht 342; — Steigung 340; — Viadukt 340, A 338.
Guion-Dampferlinie 615.
Günthers Lokomotive „Wiener-Neustadt“ 217, A 213, 216.
Gurney (Blasrohr) 199.
Gurtungen (Eisenschiffb.) 676.
Gußeisenrad, Eisenbahn- A 268.
Gußstahlradreifen von Krupp 269.
Gut, laufendes, der Takelage 661; — stehendes 660.
Güterwagen s. Eisenbahnwagen.
Güterzuglokomotive, zwölfrädrige amerikanische 228, A 226; — fünfachsige der preuß. Staatsbahnen A 173.
Guyana, Britisch-, Eisenbahnen in 83.
Guyer-Zellers Entwurf der Jungfraubahn A 99.
Haarmann (Eisenb.) 144; — Hakenplatte A 157; — Schwellenschiene 158; — Straßenbahn-Oberbau mit Schutzschiene 158, A 157; — Wechselstegblattstoß 152, A 153.
Hackney-chairs 52.
Hackworths Lokomotiven: „Globe“ A 202; — „Royal George“ A 197; — „Sanspareil“ A 200 f.; — Lokomotivkessel 180.
Haddan (Hängebahnen) 374.
Hadeln- und Geestekanal 491.
Haedickes Submarineguder A 580; — Tieftauchapparat 579, A 578; — Taucherboot A 579; — Hebung gesunkener Schiffe 589 f. A 590.
Häfen s. Flußhäfen, Seehäfen.
Hafenbecken 453.
Hakenblock (Schiffstakel.) 662.
Hafenmauern, steinerne 458.
Hafenschleusen 522.
Hagerman-Paß, Überschienung des 122, A 123.
Hakenlasche an Eisenbahnschienen 150.
Hakennägel für Schienenbefestigung 147, A 154.
Hakenplatte, Schienenbefestigung durch A 157.
Halbkreisbogen im Brückenbau 381, A 383.
Hall (Schiffsanker) 668.
Hall, Samuel (Schiffsmasch.) 705.
Hallensignale des Bahnhofs York 288, A 287.
Hallets Point, Leuchtturm auf 562.
Halley (Taucherglocke) 571.
Hallidie (Seilbahn) 336.
Halsen (Seew.) 641, 662.
Halslegel (Schiffstakel.) 662.
Haltsignale (Eisenb.) 282, T 283.
Haltungen (Flußkanalisier.) 432.
Halys, Brücke über den 383, A 384.
Hamburg, Binnenschiffahrtsverkehr 464; — Baakenbrücke in 406, A 407; — neue Elbbrücke 412, A 411; — großes Fleet A 50; — Hafen 520; — Hubbrücke zwischen dem Segelschiff- und Oberländer Hafen in Hamburg 410, A 408; — Kaischuppen und Speicherblocks am Sandthorkai A 526; — Kaiserkai-Speicher mit Zeitball A 569; — großer Kran am Kranhöft A 527; — Landungsanlage St. Pauli 531; — Schwimmdock der Werft von Blohm & Voß 584, A 585; — Segelschiffhafen 538, A 525, 539; — Seehandel 537.
Hamburg-Amerikan. Paketfahrt-Aktiengesellschaft 614 f., 616.
Hammermaschinen (Schiffsmaschine) 701, A 700.
Hanckes (Leuchtturm) 556.
Handbremsen für Eisenbahnwagen 257.
Handsignale (Eisenb.) 282.
Handsteuereinrichtung mittels Schraubenspindel A 658.
Hängebahnen 374; — Lartigues Dreischienenbahn. Lokomotive 374, A 375; — von Langen 375, A 376; — von Enos 375 A 376; —

Digitized by Google

Elberfeld-Barmen 376, A 377.
Hängebrücke über den Rio Chatatumbo 379, A 380; — eiserne 391.
Hangerkette in der Schiffstakelung 360.
Hannover, Bahnhof zu 297.
Hannover-Lehrter Eisenbahn 81.
Hansabund 20; — Schiffbau 594.
Hansa-Kogge (14. Jahrh.) 594, A 595.
Hansen (Kanalbau) 503.
Hardy-Bremse 258, A 259.
Harkort (Eisenb.) 79.
Harland & Wolf, Werft in Belfast 616.
Harlemflusse, Tunnel unter dem 45; — Washingtonbrücke bei New York über den 400.
Harmonikazüge 248.
Hartgußpanzerturm v. Gruson 731, A 730.
Hartmann (Lokomot.) 209.
Hartwich, (Brückenbau) 399; — Schwellenschiene A 157.
Harvey (Panzerplatten) 727.
Harvey (Torpedos) 784.
Haubitzen 712.
Hauer, Architekt 412.
Hauptdimension eines Schiffes 629.
Hauptgleise (Eisenb.) 292.
Hauptspant (Schiffb.) 629 f.; — eines Panzerschiffes A 675; — der Ausfallpanzerkorvette „Sachsen“ A 677; — des Turmschiffes „Preußen“ mit Panzerturm A 718.
Haute-Deûlekanal 481.
Havelberg, kurfürstl. Schiffswerft zu A 649.
Havelländischer Hauptkanal 491.
Hâvre-La Côte, Seilbahn 340.
Hawai, Eisenbahnen auf 84.
Heberleins Reibungsbremse 261.
Hebevorrichtungen in Flußhäfen 459; — beim Kanalbau 484; — Brownsche 478, A 477; — bei Henrichenburg 485, 488, A 486 f., 489; — von La Louvière 485, 490, A 485.
Heck (Schiffb.) 652 f.
Heckanker 663.
Heckbalken (Schiffb.) 652 f.
Heckbänder (Schiffb.) 656.
Heckruder (Schiffb.) 645.
Heckstützen (Schiffb.) 652.
Hedleys erste Lokomotive (1813) A 190; — 8-Räderlokomotive (1815) A 191.
Heidelberg, Seilbahn zu 340.
Heiligenborn, Viadukt von 406.
Heilige Straßen im alten Griechenland 55.
Heilmann Lokomotive 222.
Heinke & Davis (Taucherlampe) 577.
Heißen der Stengen, der Segel 661.
Heißläufer (Eisenb.) 269.
Heizfläche, direkte, indirekte, Gesamt-, in Lokomotiven 180.
Heizstoffe f. Lokomotiven 218.
Heizung in Eisenbahnwagen 250.
Heizwagen, Eisenbahn- 268, A 267.
Helling (Schiffb.) 536, 650; — Sliphelling A 537.
Hellingkran, fahrbarer, mit hydraulischen Nietmaschinen 672, A 670.
Hellwag, Ingenieur 123.
Helm, Taucher- mit Verschluß 572, A 571; — von Marcilbacy 577, A 576.
Hennegatt (Schiffb.) 652.
Henrichenburg, Hebewerk bei 485, 488, A 486 f., 489.
„Henry Grace de Dieu“, Linienschiff (Modell) 598, A 597.
Henschel (Lokomot.) 78; — Lokomotive „Drache“ 209 f., A 212.
Herbergen im Mittelalter 25.
Herkulesschiene 158.
Hersents Taucherschacht 579, A 577.
„Herzog Alexander von Württemberg“- Kanalsystem in Rußland 472.
Herzstück einer Weiche 160, A 161.
Hessen, Landstraßen in 37.
Heulboje A 560.
Heusinger von Waldegg, 210, 248, 704.
Hève (la), Leuchtturm auf 563.
Heyst-Bruggekanal 496.
Hilf (Eisenb.) 157.
Hilfsbläser auf Lokomotiven 235.
Hilfsmaschinen an Bord der Schiffe 683.
Hinterladegeschütze 709 ff.
Hinterraddampfer A 680.
Hintersteven (Schiffb.) 651; — auf Eisenschiffen 680, A 681; — des Schnelldampfers „Campania“ mit Schraubenböcken 681, A 682.
Hippalus, Seefahrer 14.
Hirsch-Schiffsschraube 706.
Hochbahnen 348; — in Chicago A 89; — in New York 369; — Gleisbogen 369, A 371; — Lageplan 369, A 370; — Querschnitt einer Station 369, A 371; — in Berlin 382; — Gleisdreieck A 372; — Oberbaumbrücke 372, A 373; — Station Gitschinerstraße im Bau A 373.
Hoche, Paul (Schiffb.) 600.
Hochseepanzerschiff „Gloire“ 621.
Hochseetorpedoboote 741.
Höhe, metazentrische, eines Schiffes 631.
Hohenegger (Eisenbahnbau) 157.
Hohlgeschosse 722.
Hohlweg, chinesischer 8, A 9.
Holen des Tauwerks 661.
Holland, Eisenbahnen in 82; — Fahrgeschwindigkeit 325; — Personenverkehr 326; — Kanäle 470, 492; — Schiffbau im 16. Jahrh. 596.
Holm am Nadelwehr 441.
Holmes (Nebelhorn) 568.
Holzbrücken 388.
Holzdübel für Schienenstühle A 156; — englischer A 156.
Holzgärten (Kanalw.) 477.
Holzgleisbahnen 141; — in einem deutschen Bergwerke des 16. Jahrh. A 141; — zu Newcastle-on-Tyne im 17. u. 18. Jahrh. A 142.
Holzrad, Eisenbahn- 268 f., A 269.
Holzschiffbau 650; — Schraubendampfer klar für den seitlichen Stapellauf A 650; — Längendurchschnitt eines hölzernen Segelschiffes A 651; — Aufrichten der Spanten A 652; — Querschnitt einer Korvette A 664; — Ankerwinde (Pumpspill) A 657; — Handsteuereinrichtung mittels Schraubenspindel A 658; — Seitenansicht eines hölzernen, alle Segel führenden Vollschiffs T 659; — zusammengebaute Maste A 659; — Takelage A 661; — Normalanker A 663; — Patentanker mit beweglichen Armen A 663; — verbesserter Inglefieldanker A 663; — Kriegsschiffkutter A 664; — Dampfbeiboot A 664; — Francis' Patentrettungsboot A 665; — Kompositbau 664, A 666.
Home signals (Eisenb.) 276, 288.
Horseshoekurve (Pacificbahn) 109.
Hörsignale im Schiffahrtsdienst 568; — Dampfsirene A 568.
Hotchkiß (Geschützw.) 720.
Howe, Ingenieur 389.
Howell-Torpedo 788.
Hubbrücken 406; — über den Murray A 408; — zwischen dem Segelschiff- und Oberländer Hafen in Hamburg 410, A 408.
Hudson, Auslegerbrücke über den 399.
Hudsondampfer A 421.
Hudsonkanal 477.
Hund als Zugtier 5.
Hunte-Emskanal 492.
Hurricanedeckschiffe 682.
Hwang-ho, chines. Fluß 414.

Ihlekanal 491.
Iller-Viadukt 406.
Illinois-Michiganakanal 478.
Illinois-Mississippikanal 478.
Indien, Britisch-, Eisenbahnen in 83; — Kanäle 467, 476; — Seeverkehr nach I. in früherer Zeit 13 f.; — Straßenbau unter Açoka 8.
Indien, Niederländisch-, Eisenbahnen in 83; — Feldbahn mit Tierbetrieb A 93.
Indien, Portugiesisch-, Eisenbahnen in 83.
Indre-Viadukt 406.
Indus, Tunnel unter dem 45.
„Inflexible“, Citadellschiff 627, A 622.
Inglefieldanker, verbesserter A 663.
Injektor von Giffard 182.
Inkareich, Straßenbau im 60.
Inman-Dampferlinie 614 f.
Innencylinder, Lokomotiven mit 183, 203.
Innenhaupt an der Schleuse 470.
Innenrahmen, Lokomotiven mit 183.
Intensivlampe für Fettgas 254, A 255.
Interkostalplatten (Eisenschiffb.) 674.
Inzigkofen, Donaubrücke bei A 405.
Irland, Kanäle in 474; — Spurweite der Eisenbahnen 92.
Irwell, Barton Aquädukt über den A 35.
Isarbrücke zu Freising 399.
Italien, Eisenbahnen in 82; — Kanäle 469.
Itinerarien 60.

Jachten 643; — Segel- 641, 643; — die kaiserl. russische Dampf- A 689.
Jackstaggbolzen (Schiffstakel.) 660.
Jacobi (Schiffszüge) 494.
Jalousienwehre 446.
Janney-Kuppelung (Eisenb.) 278.
Jantzen, Adrian, Zimmermeister 468.
Jantse-Kiang, am oberen A 414.
Januschkowitz, Durchstich bei (Oder) A 441.
Japan, Eisenbahnen in 83.
Jaremcze, Pruthbrücke bei 405 A 404.
Java, Feldbahn mit Dampfbetrieb in A 93.
Jersey, Eisenbahnen auf 82.
Jervis, John (Lokomot.) 208.
Jessop, Ingenieur 86, 519; — gußeiserne Fischbauchschiene auf Steinwürfelunterlage 143 A 144; — gußeiserne Pilzschiene A 143.
Jinrikischars 53.
Johnsfluß, Eisenbahnbrücke über d. A 394.
Johnstone, Ingenieur 217.
Jollen, Schiffsboote 663.
Jouffroy, Claude (Schiffb.) 421, 602.
Joy (Lokomot.) 210.
Julin (Vineta) 20.
Julius Lacer, Baumeister 381.
Julls Schneeschaufel A 331; — Schneeschleudermaschine 329.
Jungfern a. d. Wanten 660.
Jungfraubahn 100, 140; — Spurweite 95; — Kraftstationen 98; — Lageplan u. Längenschnitt nach dem älteren Entwurfe A 99; — Totalansicht T 100; — Arbeiterzug A 100; — Oberbau, Schienenzange, Zahnstangenweiche 167 A 166.
Jurabahn, Steigungsgrenze der 106.
Jura-Simplon-Bahn, Beleuchtung der 256.

Kabelbahnen 336.
Kai-Anlagen A 454; — Brunnenfundierung A 457; — Steinkistenfundierung A 459; — auf Pfahlwerk mit Steinschüttung A 457; — auf Pfahlrost 459, A 458; — auf Beton A 458; — Ausbesserung mittels eines offenen Caissons A 585.
Kairo, Kanallandschaft bei A 15; — Karawanserei in A 18; — Klappbrücke bei 410 A 409.
Kaischuppen 525, A 526.
„Kaiser Friedrich“, Schnelldampfer, in Spanten stehend A 671.
„Kaiser Friedrich Barbarossa“, Linienschiff A 672.
„Kaiser Wilhelm der Große“, Linienschiff, Seiten-, Vorderansicht u. Durchschnitt T 691.

Digitized by Google

„Kaiser Wilhelm der Große", Schnelldampfer 616; — Querschnitt A 678; — Steuereinrichtung A 686; — Speisalon u. Gesellschaftssalon A 688; — Kurbelwelle A 704.
Kaiser Wilhelmkanal 502; — Hochbrücke bei Grünenthal 400, 507, A 508; — Hochbrücke bei Levensau 400, 507; Montagegerüst A 403; — Trockenbagger 506, A 505; — Spülbagger mit angespültem Sanddamm 506, A 507; — Schleuse zu Brunsbüttel 508, A 509.
Kaiserkanal in China 8, 466, A 7.
Kaledonischer Kanal 36.
Kalfaterung der Schiffe 655.
Kalfathammer (Schiffb.) 655.
Kaliber der Geschütze 711.
Kalte Rinne, Thalbrücke über die (Semmeringbahn) 110, A 111.
Kamel als Lasttier 5.
Kammerschleusen 442, 465, 469, A 470.
Kampagne (Schiffb.) 682.
Kämpfer im Gewölbebau 381.
Kanada, Eisenbahnen in 83.
Kanadischen Seen, Kanalsystem der 478; — Schiffahrt auf den 419.
Kanäle s. Schiffahrts-, Seekanäle.
Kanalisierung der Flüsse s. Flußkanalisierung.
Kanallandschaft bei Kairo A 15.
Kanonen 712; — s. Geschütze.
Kantspanten (Schiffb.) 652.
Kapland, Eisenbahnen in 83.
Kappen d. Eisenbahnschwellen 155.
Karavellen des Kolumbus A 596 f.
Karawanen 5; — kleine auf d. Straße Beirut-Damaskus A 5.
Karawanserei in Kairo A 18.
Karl der Große, Verkehrswesen unter 16.
Karlsgraben in Schweden 478.
Karren, Lastfuhrwerk 7.
Kartätschen 723, A 722.
Kartuschraum der Geschütze 718.
Kasematte, 15 cm-Armstrong-Schnellfeuerkanone mit Wiegelafette in gepanzerter A 720.
Kasemattschiffe 626; — „Alexandra" 626, A 622; — „Tegetthoff" 626, A 622.
Kastenschleuse 468.
Katadioptrische Apparate 564.
Katoptrische Apparate 564.
Kaub mit Burg Guttenfels u. die Pfalz im Rhein A 23.
Kauschen (Schiffstauw.) 660.
Kegelradwalzen (Eisenschiffb.) A 668.
Kehrtunnel der Gotthardbahn im Tessinthale, i. d. Biaschinaschlucht 124, T 125, A 125.
Keilverschlüsse an Geschützen 715.
Kemp (Lokomot.) 220.
Kertsch, Handelsstadt 26.
Kesselstein 182.
Keßler (Lokomot.) 209, 215.
Kettenbrücke bei Budapest A 392.
Kettenlokomotive von Chapman 182.
Kettenschiffahrt 422.
Kiakhta, Römerbrücke bei 381.
Kiau Lai-ho, Kanal 467.
Kiel, Schiffs- 651.
Kiel, Reichskriegshafen und Kaiserl. Werft in T 520.
Kieler Bucht 520.
Kielgang (Eisenschiffb.) 677.
Kielholen der Schiffe 532, A 533.
Kiellinie eines Schiffes A 642.
Kielplanken (Schiffb.) 654.
Kielplatten, Biegen d. (Eisenschiffb.) 668.
Kielschwein (Schiffb.) 653.
Kielstapel 532.
Kielverbindungen (Eisenschiffb.) A 678.
Kiew, Handelsstadt 27.
Kimmgänge (Eisenschiffb.) 677.
Kimmkielen (Schiffb.) 636.
Kimmkielschwein (Eisenschiffb.) 674.
Kimmstücke (Schiffb.) 652.
Kimmung des Meeres A 561.
Kimmweger (Schiffb.) 654 f.
Kink, Zimmermeister 388.
Kinnbackblöcke (Schiffstakel.) 662.
Kioto-Tu, Kanal von 492; — Schleuse 492, A 493; — geneigte Ebene 488.
Kirchlengern-Wallücker Eisenbahn 94; — Wechselstegblattstoß 152, A 153; — Verbund-Tenderlokomotive 217, A 216.
Kirchweger, Ingenieur 214.
Kirk (Schiffsmasch.) 613, 646.
Kissen zum Heben verunglückter Schiffe 585.
Klameieisen (Schiffb.) 655.
Klammerring an Eisenbahnrädern 271.
Klappbrücken 410; — bei Kairo A 409; — Schmiedebrücke in Königsberg A 409.
Klappenwehr 444, A 445, 447.
Klappprähme 506.
Klaufall (Schiffstauwerk) 662.
Kleinasien, Eisenbahnen in 83.
Kleinbahnen 92.
Klemmplättchen, Schienenbefestigung durch A 157.
Klinkbolzen (Schiffb.) 651, 653.
Klinkerboote 664.
Klinkerchaussee A 68.
Klipperschiffe 637.
Klodnitzkanal 491.
Klose (Eisenb.) 136, 165, 235.
Klug (Schiffsmasch.) 704.
Klumpblöcke (Schiffstakel.) 662.
Klüsen am Schiffe 658.
Klüshölzer (Schiffb.) 652.
Klüverbaum (Schiffstakel.) 660.
Klüverleiter (Schiffstakel.) 661.
Knallsignale (Eisenb.) 277, 286.
Koblenz, Rheinbrücke bei 399.
Kofferkessel (Schiffsmasch.) 695.
Kogge, Hansa- (14. Jahrh.) 594, A 595.
Kohlbachthal, Damm im 112.
Kohlenbahnen 79.
Kohlenhäfen 462, 520.
Kohlenjumper 529.
Kohlenkipper 529.
Kohlenschüttkran A 530.
Kohlenverbrauch der Dampfschiffe 693.
Kohlenverladevorrichtungen in Häfen 528, A 530.
Kohn (Eisenbahnbau) 152.
Kokern an Hebefahrzeugen 586.
Kolbenverschlüsse an Geschützen 715.
Kolchis, Bedeutung f. d. Handel 10.
Kollisionsschott (Schiffb.) 678; — Achterschiff eines im Bau begriffenen Linienschiffs mit A 679.
Köln, Rheinbrücke bei 393; — Schiffsverkehr 464; — Werft- und Hafenanlagen in der Rheinau zu A 464.
Kolschwein (Schiffb.) 653.
Kolumbia, Susquehannabrücke bei 389.
Kolumbien, Eisenbahnen in 88; — Straßen 60.
Kolumbus, Karavellen des A 596 f.
„Komet", Dampfboot 601.
Kommandoturm eines Kriegsschiffes, gepanzerter 692, A 691.
Kompositbau im Schiffbau 664, A 666.
Kondensator an Schiffsmaschinen 705.
Kongo, Eisenbahnen am 83; — Schiffahrt auf dem 420.
Königsberg, Binnenschiffahrtsverkehr von 464; — Schmiedebrücke in 410, A 409.
Königskanal in Rußland 472 f.
Königsstraßen in Deutschland 24; — im Perserreich 56.
König Wilhelmkanal 492.
Konstantinopel als Handelsstadt 12, 14, 20.
Kontaktmine A 732.
Konus an Geschützen 712.
Koppels Schmalspurbahnen 94, A 93.
Korinth, Kanal von 512; — Mündung A 514; — Diolkos 483.
Korrektionen der Flußläufe s. Flußkorrektionen.
Körtings Luftsaugebremse 258.
Korvetten 620; — Querschnitt einer A 654; — Ausfallpanzer- „Sachsen" A 677.
Kosel, Hafen in 455, 462.
Köttgen (Schiffszug) 494.
Kramer (Signalw.) 280.
Kranbalken (Schiffb.) 657
Kräne 459, 526; — großer A 527; — Kohlenschütt- 528, A 530; — Riesen- für Kanalbauten 478, A 479; — Schwimm- A 528, 685; — elektrisch betriebene Winkelportal- A 460.
Krängen des Schiffes 642.
Krauß, Ingenieur 214.
Kraweelboote 664.
Kreiselgebläse f. Lokomotiven 198.
Kreuzer, Panzerschiffe 627; — „Powerfull" 627, A 625; — „Terrible" 627, A 624.
Kreuzerfregatten 620.
Kreuzerkorvetten 620.
Kreuzungsweiche 160, A 161; — doppelte 300, A 302.
Kreuzzüge, ihre Bedeutung für den Handel 17.
Kriegsschiffe 618, 691; — gepanzerter Kommandoturm 692, A 691; — Mannschaftsraum A 690; — Batterie eines älteren A 708; — dreifache Expansionsmaschine für 701, A 700.
Kriegsschiffsboote: 633; — Kutter A 664; — Dampfbeiboot A 664.
Krohn (Brückenbau) 402.
Krone am Flußwehr 443.
Krupp: gezogene Geschützrohre A 710; — Zugform der Geschützrohre A 712; — Mittelpivotlafette mit Schutzschild 716, A 717; — Ringrohre, Mantelrohre, Mantelringrohre 714; — Rundkeilverschluß 715; — Geschützwagen 263, A 266; — Gußstahlreifen 269; — Schmalspurbahn 94; — Sprengringbefestigung (Eisenb.) 271; — Schießversuche auf eine gehärtete Nickelstahlplatte von 300 mm Dicke A 728; — Panzerplattenfabrikation 730.
Küddow, Wehr an der 448.
Kuhfänger a. d. Lokomotive 208.
Kühlwagen, Eisenbahn- 266.
Kupferbeschlag f. Schiffe 657.
Kupferfeste Schiffe 657.
Kuppelachse, Lokomotive mit 183.
Kuppelschleuse 470, A 475.
Kuppelung der Eisenbahnwagen 272; — Sicherheits- A 273.
Kurbelwellen der Schiffsmaschinen 704; — des Schnelldampfers „Kaiser Wilhelm d. G." A 704.
Kurswagen (Eisenb.) 323.
Kurvenbewegliche Lokomotiven 213.
Kurvenwiderstand bei Fahrzeugen 102.
Küstenbefestigung 780.
Küstenkarten (Seew.) 547.
Küstenverteidigungsschiffe 627.
Kutter 643, 663, A 644, 664.

Laasan, Brücke über das Striegauer Wasser bei A 391.
Lachinekanal 478.
Lachse, Treppen für A 449.
Ladefähigkeit der Dampfschiffe 693.
Ladetakel (Schiffstakel.) 662.
Ladungsraum der Geschütze 713.
„Lady Cathrine", Hebung des Dampfers A 588 f.
Lafetten, Schiffs- 708, 716; — Rahmen- von Armstrong mit Lamellenbremse A 716; — Mittelpivot- von Krupp mit Schutzschild 716, A 717; — Rahmen- von Vavasseur A 717; — Drehscheiben- 718; — Schlitten- 718.
Lafitte (Omnibus) 63.
Lagerhaus, Hafen- in Worms A 460.
Lagerräume in Flußhäfen 459.
Lahn, Kanalisierung der 442.
„Lahn", Schnelldampfer 647 f.
Laird (Schiffb.) 646.
La Louvière, Hebewerk von 485, 490, A 485.
Lama als Lasttier 5.
Lamb (Schiffszüge) 494.
Lamellenbremse, Rahmenlafette von Armstrong mit A 716.
Lampen, Taucher- 576, A 576.
Lancaster-Geschütz 709.
Lancierung eines Torpedos A 739; — Lancierungsrohre für Torpedos 739.
Landebrücken 531.
Landkutschen, Einführung der 33.
Landmarken (Seew.) 547.
Landquart-Davos-Eisenbahn 106.

Digitized by Google

Landstraßen 87, 55; — Straßenbau 55; — Via Appia 56, A 57; — Trajansstraße 58, A 57; — römischer Bohlenweg A 58; — Querschnitt einer Römerstraße 58, A 59; — französischer Straßenunterbau A 61; — Solysbrücke über die Albula am Schynpaß 64, A 62; — Axenstraße am Vierwaldstätter See 64, A 63; — die Schoellenen (Gotthardstraße) 66, A 65; — Stilfserjochstraße 66, A 65; — Profil der Napoleonsstraße 66, A 67; — Széchényistraße A 67; — Klinkerchaussee A 68; — Schieneneinbauung A 68; — gepflasterte L. mit Geleis A 68; — Straßenmotoren s. d.
Landungsanlagen in Häfen 529.
Langensche Schwebebahn 375, A 376.
Langer, Ingenieur 219.
Langkessel der Lokomotive 176.
Langsamfahrsignale (Eisenb.) 282, T 283.
Langschwellen (Eisenb.) 157.
Langschwellen-Oberbau (Eisenb.) 146, 153.
Längshelling (Schiffb.) 650.
Längsstahlings (Seew.) 659.
Längsspanten (Schiffb.) 608.
Längsspantensystem (Eisenschiffb.) 675.
Lartigues Dreischienenbahn 374, A 376; — Lokomotive A 375.
Laschen an Eisenbahnschienen 149 f.
Laschenverbindung (Eisenb.) A 155.
Lastenmaßstab (Schiffb.) A 631.
Lateinisches Segel A 648.
Lateralkanäle 477.
Latowskisches Dampfläutewerk (Eisenb.) 286.
Laufachse an Lokomotiven 211; — Lokomotive mit A 183.
Laufendes Gut der Takelage 661.
Läufer, Schiffstaue 662; — s. Stapellauf 682.
Laufflächen der Eisenbahnräder 270.
Laufwiderstand bei Fahrzeugen 104; — Versuche von Desdonits A 105.
Lausanne, elektr. Straßenbahn in 106.
Laußmann, Ingenieur 213.
Lauterbrunnen-Grütschalpbahn 106, 340, A 337; — Seilgewicht 342; — Steigung 340; — Viadukt 340, A 338.
Lauterbrunnen-Mürren, Oberbau der Drahtseilbahn 168, A 167.
Läutewerke (Eisenb.) 280; — mit Doppelglocke A 280 f.; — Latowskisches Dampf- 286.
Lavaurbrücke 405.
Leader, William, Ingenieur 501.
Lee, Abtrift nach (Seew.) 641.
Lee, Francis (Kanalbau) 472.
Leesegel 598.
Leesegelspieren 660.
Lehighkanal 477.
Lehrgerüst beim Gewölbebau 381, A 383.
Leibhölzer (Schiffb.) 655.
Leibrand, von (Brückenbau) 405.
Leibung im Brückenbau 381.
Leinpfad 452.
Leipzig-Althener Eisenbahn 81.
Leipzig-Dresdener Bahn, Flachschiene der (1837) 146, A 147.
Leitblöcke (Schiffstakel.) 662.
Leiter s. d. Schiffstauwerk 661.
Leitfeuer (Seew.) 566.
Lenkachsen, freie, an Eisenbahnwagen A 241.
Lentze, Ingenieur 393, 503.
Leonardo da Vinci: Kanalschleusen 469.
Leonhardt (Signalw.) 280.
Le Roy-Stone (Hängebahn) 374.
Leslies Schneeschleudermaschine 329, A 328.
Lesseps, Ferdinand von: Panamakanal 515; — Suezkanal 496.
Leuchtbake (Seew.) A 559.
Leuchtfeuer (Seew.) 561.
Leuchttürme 551; — auf Neuwerk 552, A 551; — von Cordouan A 552; — von Eddystone A 553; — Rothesand- 554, A 556 f., 558; — auf Bell Rock 554, A 555; — Leuchtbake A 557; — Kimmung oder Wölbung des Meeres A 561; — parabolische Linse A 564; — parabolischer Spiegel A 564; — Polygonallinse A 561; — von Venmarch-Eckmühl: Linsenapparat (Bienenkorb) 564, A 565; — tauchendes Feuer A 566.
Liderungen an Geschützverschlüssen 715.
Limmat, Brücke bei Wettingen über die 388.
Linienführung im Eisenbahnbau 108; — Lageplan der Semmeringbahn 110, A 108; — Weinzettlwand (Semmeringbahn) A 109 f.; — Thalbrücke über die Kalte Rinne (Semmeringbahn) 110, A 111; — Müngstener Thalbrücke 112, A 111; — Firth of Forth-Brücke A 112; — Britanniabrücke über die Menaistraße 112, A 113; — Führung der Brennerbahn im Schmirner Thal, im Pflerschthal 113, A 114; — einfache Spitzkehre A 115; — doppelte Spitzkehre der Eisenbahnlinie Tanga-Muhesa 116, A 115; — Schwarzwaldbahn mit den Triberger Schleifen 118, A 116 f.; — Bahnstrecke über die Sierra Nevada (Trestle Work) 119, A 118; — Schneedach zum Schutze der Eisenbahnen A 119; — Lageplan der Brockenbahn A 120; — Lageplan der strategischen Schwarzwaldbahn 120, A 121; Thalbrücke und Tunnelschlinge A 122; — Georgetown-Schlinge und Überschienung des Hagerman-Passes 122, A 123; — Gotthardbahn: Schleifen u. Schlingen T 124; Kehren s. d. Biaschinaschlucht A 125; Biaschinaschlucht bei Giornico A 126; — Gornergratbahn: Beginn eines Tunnelbaues 130, A 129; fertiges Tunnelportal 130, A 129.
Linienschiffe 620; — Achterschiff eines, mit Kollisionsschott A 679; — „Henry Grace de Dieu“ (Modell) 596, A 598; — „Kaiser Friedrich Barbarossa“ im Bau A 672; — „Kaiser Wilhelm d. G.“ T 691; — „Prince Georg“ A 623; — „The Queen“ 600, A 601; — „The Victory“ 708.
Linksweiche 160, A 161.
Linlithgow, Viadukt von 406.
Linse, parabolische, Polygonal-, für Leuchttürme A 564.
Linsenapparat (Bienenkorb) für Leuchttürme 564, A 565.
Linz-Budweiser Eisenbahn 1828, Personentransport der A 78.
Lissabon, Aquädukt bei 383.
List, Friedrich (Eisenb.) 79.
Liverpool, Hafenanlagen von 544; — Güterstationen im Hafengebiet A 87; — Landungsanlage 531.
Liverpool-Manchester-Eisenb. 81, 204; — Bahnhof Liverpool der (1830) A 39; — Bahnhof Edge Hill in Liverpool (1830) A 41; — Ansicht des Chat Moß A 41; — Schienenweg der (1830) A 145; — schmiedeeiserne Fischbauchschiene (1830) A 145; — Olive-Mount-Einschnitt A 205; — Züge (1830—1835) 286 T 286; — älteste Standsignale 275, A 276.
Livesey (Eisenbahnbau) 158.
Livingston (Schiffb.) 603
Lobregat, Teufelsbrücke über den A 386.
Locher, Ingenieur 140, 165.
Locke, Ingenieur 406; — Doppelkopfschiene (Stuhlschiene) A 148; — Stuhlschienenoberbau 155.
Lohse (Brückenbau) 393.
Lokomotive 169; — Schnabel- A 104; — Grundlage für den Bau u. die Wirkungsweise der L. 169; — vierachsige zweigekuppelte Schnellzugs- der preuß. Staatsbahnen mit Drehgestell 169, A 171; — fünfachsige viergekuppelte Güterzug- der preuß. Staatsbahnen 172, A 173; — Umgrenzung der größten zulässigen Breiten- und Höhenmaße der Eisenbahnfahrzeuge A 174; — Umgrenzung des lichten Raumes für die Haupteisenbahnen Deutschlands A 174; — Kessel einer neueren amerikanischen Riesen- 176, A 177; — amerikanische Schnellzugs- (1848) A 178; — Schmalspur-Tender- auf dem Dampfcylinderausstück einer amerikan. Riesen- 180, A 179; — Stehbolzen A 180; — explodierte L. A 181; — Ansicht einer $^{2}/_{3}$ Personen- zugleich mit vorderer Laufachse und Außenrahmen A 183; — Geschichte der L. 184; — von Murdock (1784) A 184; — Evans' Dampfmaschine A 185; — Evans' Dampfbagger „Oructor Amphibolus“ A 185; — Trevithiks Schwungradl. A 186; verbesserte A 187; — Blenkinsops Zahnradl. A 188; — von Brunton A 189; — von Hedley: erste (1813) 191, A 190; achträdrige (1815) A 191; — von G. Stephenson 193 f., 198, A 193 f., 195 f., 197; — von Hackworth „Royal George“ (1827) A 197; — von Séguin A 198, 201; — von R. Stephenson „Rocket“ A 199, 201; — von Hackworth „Sanspareil“ A 200 f.; — von Braithwaite u. Ericson „Novelty“ A 200 f.; — Röhrenkessel A 201; — von Hackworth „Globe“ A 202; — von R. Stephenson „Planet“ A 203; — Dampftrompete 205, A 204; — Olive-Mount-Einschnitt der Liverpool-Manchester Eisenbahn A 205; — „Stourbridge Löwe“ A 206; — von Bury & Co. 207, A 206; — „John Bull“ 207; — von Miller „The best friend“ 208, A 207; — von Baldwin 208, A 209; — neuere amerik. Schnellzugsl. u. L. aus dem Jahre 1831 208, A 210; — Vorderansicht einer amerik. Schnellzugl. 208, A 211; — von Henschel & Sohn „Drache“ 210 A 212; — von Crampton 211, A 212; — Semmering-Konkurrenz- „Wiener-Neustadt“, „Seraing“ 213, A 213 f.; — Berg- von Fink 214, A 215; — Fairlie- A 215; — Meyers Doppelt-Verbund-Tender- 217, A 216; — Malletsche Duplex-Verbund- 218, A 217; — Schnellzug der Gotthardbahn A 223; — die schnellste der Welt 226, A 222; — Verbund-Schnellzug- der österreich. Staatsbahn 226, A 228; — englische Schnellzug- 226, A 224; — zwölfräderige amerikan. Güterzug- A 225; — elektrische einer Tunnelröhrenbahn A 362; — Zahnradlokomotive s. d.
Lokomotivkessel 176, A 171; — einer neuen amerik. Riesenlokomotive A 177; — Stehbolzen A 180; — explodierte Lokomotive A 181; — für Schiffsmaschinen 696.
Lomme, Segelboot 643.
London, Brücken in: die alte Brücke 385; — Londonbrücke 359; — Southwarkbrücke 391; — Towerbrücke 406; — Eisenbahnen: Plan 86, T 86; — Lageplan der drei unterirdischen Güterstationen A 86; — Seilbahnen 336; — elektrische Tunnelröhrenbahnen 359, A 360 ff.; — Untergrundbahnen 349 f., T 86, A 351 ff.; — Buffer A 272; — Stellwerkhaus des Kopfbahnhofes Cannon Street 290, A 291; — mechanisch verschlossenes Doppelsignal (Blockverfahren) A 313; — Schienenstuhl A 155; — Wasserkran A 328; — Sicherheitsweiche 160, A

Digitized by Google

161; — London u. North-Western Eisenbahn: Stuhlschienenoberbau A 156; — Cramptons Lokomotive 211, A 212; — Dockanlagen 544, A 543.
Londoner elektrisches Cab 71, A 70.
Long, Ingenieur 389.
Longridge (Geschützw.) 710, 714.
Lorenzostrom, Kanalisierung 478; — Schiffahrt 419; — Trajektierung von Eisenbahnwagen A 334.
Loschwitz, Schwebebahn bei 378.
Losh, William: Stoßfugenform 151, A 152; — Dampffedern 195; — Speichenräder 268.
Loskiel am Schiff 651.
Lotsenkutter 643.
Loyang, Viadukt von 406.
Lübeck, im Mittelalter 20; — im 17. Jahrh. A 19.
„Lucania“, Doppelschraubenschiff 616.
Lucius Vetus (Kanalbau) 471.
Ludwigskanal 491.
Luftdruckbremsen an Eisenbahnzügen 258; — Westinghouse-Schnellbremse 259, A 260 f.
Luftgegendruckbremse an Lokomotiven 228.
Luftheizung in Eisenbahnwagen 261.
Luftsaugebremse f. Eisenbahnzüge 258.
Lüftung in Eisenbahnwagen 253.
Luftwiderstand b. Fahrzeugen 104.
Lugano, San Salvatore-Bahn bei 340.
Luggersegel 643.
Lugsegel A 643.
Luken, Schiffs- 655.
Luppis (Torpedos) 732, 734.
Luvgierige Schiffe 642.
Luxuswagen von Pullmann 212 f., A 244 f.
Luxuszüge 248, A 244 f., 246 f., 249.
Lyon, Rhônebrücke zu 385; — Seilbahn a. d. Croix Rousse bei 339.

Maas, Klappenwehre in der 447.
Mac Adam (Straßenbau) 62.
Macdonaldscher Fischpaß 450, A 451.
Madison-Indianapolisbahn, Lokomotive der A 227.
Madras, Pier bei A 581.
Maffei (Lokomot.) 209; — „Bavaria“ 213 f.
Magdeburg, Hafenanlagen zu 464; — Schiffsverkehr 464.
Main, alte Brücke bei Frankfurt über den A 387; — Eisenbahnbrücke bei Mainz A 392; — Kanalisierung 438; — Längenprofil A 440.
Main-Donaukanal 482.
Mainz, Eisenbahnbrücke bei A 393; — Hafenanlagen 464; — Schiffsverkehr 464.
„Majestic“, Doppelschraubenschiff 616.
Malaiischen Staaten, Eisenbahnen der 83.
Malakka, Eisenbahnen von 83.
Mallen (Schiffb.) 652.
Mallets Lokomotive m. Verbundwirkung 219 f.; — Duplex-Verbund-Lokomot. 218, A 217.
Malta, Eisenbahnen auf 82.
Man (Luxuswagen) 244.
Man, Eisenbahnen auf 82.
Manchester-Seekanal 501; — Lageplan A 84; — Drehbrücke bei Barton A 501.
Manleon, Marinemaler 596.
Männerkraftwagen 63.
Mannheim, Hafen in 456, 464; — Schiffsverkehr 464.
Mannschaftsraum eines Kriegsschiffes A 690.
Mansard, Baumeister 888.
Mansell-Räder A 269; — Klammerring 271.
Mantelringrohre (Geschützw.) 714.
Mantelrohre (Geschützw.) 714.
„Marceau“, Panzerschiff 627, A 624.
Marcilhacys Taucherhelm m. elektr. Lampe 577, A 576.
Marcotty, Ingenieur 219.
Marien-Kanalsystem in Rußland 472 f.
Marine-Artillerie s. Geschütze.
Marktschiffe 420.
Marne-Rheinkanal 481.
Marne-Saônekanal 480.
Mars (Seew.) 659.
Marseille, Hafenanlagen von 542 A 540 f.; — Handelsbedeutung 518.
Marsgut (Schiffstauw.) 661.
Marsh (Zahnbahn) 132, 163; — Zahnradlokomotive 227 f. A 227; — Luftgegendruckbremse 228.
Marshall (Schiffsmasch.) 704.
Marsraaen 660.
Marssegel 598.
Marsstenge (Seew.) 659.
Martesana, Kanal 469.
Martin (Schiffsanker) 663.
Martorell, Brücke von A 386.
Mascaret, Flutwelle 429.
Maschinenkanonen 722; — von Maxim A 721.
Massenausgleich beim Eisenbahnbau 96.
Mastbalken (Schiffb.) 656.
Masten 659; — zusammengebaute A 659; — stählerne 659.
Mastensignale (Eisenb.) 276, 282, T 282; — englisches A 277; — Stellvorrichtung mit Vorsignal u. gleichzeitiger Verriegelung der von Hand gestellten Spitzweiche A 305.
Mastfisch (Schiffb.) 656.
Mastgien (Schiffstakel.) 662.
Mastodon-Lokomotive 209, A 226.
Mastschlingen (Schiffb.) 656.
Mastspur (Schiffb.) 657.
Maudslay (Schiffb.) 607.
Mauritius, Eisenbahnen von 83.
Maxim, Maschinenkanone von 722, A 721.
Mecklenburg, Eisenbahnen in 85.
Mellumbake, hohe 547, A
Menaistraße, Britanniabrücke über die 112, 392, A 113.
Merkpfahl an Gleiskreuzungen 304.
„Merrimac“, Panzerschiff 622.
Mersey, Tunnel unter dem 46; — Tiefbahn 362.
Metazentrum eines Schiffes 631.
Mexiko, Eisenbahnen in 83; — Straßenbau im alten 60
Meyer (Schiffseisenbahn) 488. 548.
Meyer, Franz Andreas (Brückenbau) 412.
Meyer-Lokomotive 215, 217, A 216.
Miamikanal 478.
Michigansee, Eisenbahnfähren auf dem 332.
Middendorf (Schiffb.) 646.
Middleton-Kohlenbahn 130.
Midi, Kanal du 471.
Miladi, Ingenieur 406.
Militärischer Brückenbau 412.
Millers Lokomotive „The best friend of Charlestown“ A 207.
Miller, Patrick (Schiffb.) 602; — Dampfboot A 601.
Miller-Kuppelung (Eisenb.) 273.
Milliarium aureum 56.
Minen, See- 733; — elektromechanische 733; — Zielapparate 733.
Mirville, Viadukt von 406.
Mississippi, Brücke bei Dawenport über den 389; — Brücke bei St. Louis 400; — Regulierung 433; — Kanäle des M.-Beckens 478.
Mississippi-Michigankanal 478.
Mittelkielschwein (Eisenschiffbau) 674.
Mittellandkanal 491.
Mittelmeerfahrzeug (14. Jahrh.) 594, A 595.
Mittelpivotlafette 716; — mit Schutzschild von Krupp A 717.
Mittelstück an Geschützen 712.
Moldau, Brücke bei Prag über die 387; — Kanalisierung 439.
Mole zu Neapel A 521; — in Brunsbüttel A 522.
Möller, Ingenieur 53.
Mönche, Brückenbau der 384.
„Monitor“, Turmschiff 626.
Monitors 626; — Brustwehr- 627.
Monklandkanal 484; — geneigte Ebene 488.
Mont Cenis-Bahn 100; — Seilebene 339.
Mont Cenis-Straße 66.
Mont Cenis-Tunnel 128.
Montierung eiserner Brücken 402; — Montagegerüst A 403.
Mont Salève, elektr. Zahnbahn auf den A 137.
Morand, Ingenieur 388.
Morandière (Lokomot.) 220.
Morgan (Schaufelrad) 706.
Morriskanal 477; — geneigte Ebene 488.
Mörser 712, 731.
Mortonsche Patentschleppe 536.
Mosel, Kanalisierung der 438.
Moskau im Mittelalter 26.
Motorfrachtwagen, Daimlerscher A 74.
Motorwagen s. Straßermotoren.
Mount Washington-Bahn 132, 140; — Oberbau mit Zahnstange 163, A 162; — Zahnrad-Lokomotive von Marsh 228, A 227.
Mozambique, Eisenbahnen von 83.
Msta, Brücke über den 389.
Muldenthalbrücke 112.
Müllroser Kanal 416.
München, Echtersches Wandgemälde im Staatsbahnhof zu A 75.
Munderkingen, Donaubrücke bei 405.
Müngstener Thalbrücke 112, 400, A 111; — Zulage des großen Bogens T 400.
Munitionsaufzüge auf Schiffen 686.
Munitionstransport in Kriegsschiffen 720.
Muntzmetallbeschlag f. Schiffe 657.
Murdocks Dampfwagen A 181.
Murray, Ingenieur 188.
Murray, austral. Fluß 420; — Aufzugbrücke über den 406, A 408.
Muys, Zimmermeister 469.

Nachtmarken (Seew.) 547
Nachttaucher 576 A 574.
Nadellehne am Wehr 444.
Nadelwehr 444, A 446.
Näff, Ingenieur 134.
Napier (Schiffb.) 648.
Napoleon I., Straßenbau unter 63 f., 66; — Profil der Napoleonsstraße 66, A 67.
Napoleonskanal 480.
Natal, Eisenbahnen in 83.
Natronfüllungsheizung im Eisenbahnwagen 251.
Navigationsakte 29.
Neapel, Molo San Vincenzo zu A 521.
Nebelhorn 568.
Nebelsignale (Eisenb.) 286.
Nebelwärter (Eisenb.) 286.
Nebengleise (Eisenb.) 292.
Neuburg, Donaubrücke zu 389.
Neufahrwasser, Leuchtturm von 563.
Neufossé, Kanal de: Hebewerk 485, 490.
Neufundland, Eisenbahnen in 83.
Neuguinea, Feldbahn mit Handbetrieb in A 93.
Neuilly, Seinebrücke von 388.
Neuseeland, Eisenbahnen in 84; — Leuchttürme 557.
Neusüdwales, Eisenbahnen in 84.
Neuwerk, Leuchtturm auf 552, A 551.
Neville, Ingenieur 201.
Newcastle-on-Tyne, Holzbahn im 17. u. 18. Jahrh. zu A 142.
New York aus der Vogelschau T 544; — East Riverbrücke 394; — die neue East Riverbrücke A 401; — Washingtonbrücke über den Harlemfluß 400; — Hafenanlagen 544, A 545; — Kaimauer auf Pfahlwerk mit Steinschüttung A 457; — Leuchtturm 551; — Hochbahnen 369, A 370 f.
New York-Eriebahn, Brücke der 369.
Niagarabrücken 393, 401; — der Michigan-Zentralbahn 399, A 397.
Nicaraguakanal 515.
Nickelstahlpanzerplatten 727, A 728.
Niederholer, Schiffstau- 662.
Niederlande, Handel der, im 16. Jahrh. 28.
Niederneuendorfer Kanal 491.
Nienburg (Flußregul.) 431.
Nieten, versenkte (Eisenschiffb.) 668.
Nietmaschinen, hydraulische (Eisenschiffb.) A 670.

Nietung beim Brückenbau 402; — im Eisenschiffbau 666, 668.
Nil, Schiffahrt auf dem 418, 420.
Nilkanal 12.
Nimes, Viadukt von 406.
Nippflut 425.
Nixon (Eisenbahnbau) 144.
Nocken an der Raa 660.
Nockgordings (Schiffstakel.) 662.
Nocktakel (Schiffstakel.) 662.
Nordamerika, Kanäle in 476.
Norddeutscher Lloyd 614 f., 616, 618.
Nordenfelt (Geschützw.) 720.
Nord-Ostseekanal s. Kaiser Wilhelmkanal.
Normalanker A 663.
Normalspurbahnen 91.
Normand (Schiffb.) 630, 741.
Normannen, Schiffbau der 592; — Wikingerschiff A 593.
Norris, Ingenieur 208; — Schienenstoß 151.
Norwegen, Eisenbahnen in 82; — Spurweite 92; — Kanäle 474.
Nottekanal 491.
Nowgorod im Mittelalter 26.
Nürnberg-Fürther Eisenbahn 79; — Eröffnung am 7. Dez. 1835 A 80; — Schienenbefestigung (1835) A 146; — Oberbau (1835) A 146.
Nußdorfer Spitz (Donau), Schleuse am 442, A 440.

Oberbau im Eisenbahnbau 141; — Holzbahn in einem deutschen Bergwerk des 16. Jahrh. A 141; — Holzbahn zu Newcastle-on-Tyne im 17. u. 18. Jahrh. A 142; — Reynolds' gußeiserner Schienenbelag A 142; — Currs gußeiserne Winkelschiene 142, A 143; — Currs Schienenweg 142, A 143; — Jessops gußeiserne Pilzschiene A 143; — Jessops gußeiserne Fischbauchschiene auf Steinwürfelunterlage 143, A 144; — Berkinshaws gewalzte und gearbeitete Schiene 144, A 145; — schmiedeeiserne Fischbauchschiene u. Schienenweg der Liverpool-Manchester Eisenbahn (1830) A 145; — Schienenbefestigung, Oberbau der Nürnberg-Fürther Bahn (1835) A 146; — Flachschiene der Leipzig-Dresdener Bahn (1837) 146, A 147; — Stevenssche Breitfußschiene 146, A 147; — Vignoles' Breitfußschiene A 147; — Schiene der preußischen Staatsbahnen (1885) A 147; — Sandbergs Goliathschiene A 147; — Schienenstoß für Brückschienen 147, A 148; — Strickland- (Brunel-) Schiene 147, A 148; — Barlows Sattelschiene A 148; — Adams Trägerschiene A 148; — Lockes Doppelkopfschiene (Stuhlschiene) A 148; — Ochsenkopfschiene 149, A 148; — Schienenstoß 149; — schwebender Schienenstoß von Adams 149, A 150; — Stoß im Betrieb A 150; — verschiedene Stoßformen 151, A 152; — Haarmanns Wechselstegblattstoß 152, A 153; — Stoßbrücke (1849) 152, A 153; — Stoßfangschiene A 153; — Gleisbau 153; — Hakennagel, Schienenschraube A 154; — Laschenverbindung A 155; — Schienenstuhl A 155; — abgenutzter Schienenstuhlnagel A 156; — Holzdübel für Schienenstühle A 156; — englischer Holzdübel mit Eisennagel A 156; — Stuhlschienenoberbau (1890) A 156; — Schienenbefestigung durch Hakenplatte u. Klemmplättchen A 157; — Hartwichs Schwellenschiene 158, A 157; — Haarmanns Straßenbahn-Oberbau mit Schutzschiene 158, A 157; — Rillen- oder Phönixschiene für Straßenbahnen 158, A 157; — Greaves' Glockenunterlagen A 158; — Zwangsschiene in Gleisbögen A 160; — Schleppweiche (1836) A 160; — verschiedene Weichen A 161; — Oberbau der Zahnbahn Mount Washington 163, A 162; — Oberbaustützen der Zahnbahn Vitznau-Rigikulm 163, A 162; — Sonderheiten im Oberbau der Steilbahnen 163; — Entwickelungsformen der Zahnstange 165, A 163; — Abts Weiche für Zahnbahnen 165, A 164; — Zahnstangeneinfahrt 167, A 164 f.; — Jungfraubahn: Oberbau, Schienenzange, Strubs Zahnstangenweiche 167, A 166; — Schienen- u. Zangenbremse der Stanserhornbahn 168, A 167; — Drahtseilbahn Lauterbrunnen-Mürren 166, A 167.
Oberbramraaen (Seew.) 660.
Oberbramstenge (Seew.) 659.
Oberhaupt an der Schleuse 470.
Oberländerhafen 520.
Oberländischer Kanal 482.
Oberliek eines Segels 662.
Obermarsraaen 660.
Oberreling (Schiffb.) 666.
Oberwagenlaternen (Eisenb.) 284, T 283.
Obnekowsche Stahlwerke 730.
Obry (Torpedowesen) 738.
„Oceanic", Schnelldampfer 616, 672, 681 f., 683; — vor dem Stapellauf A 683.
Ochse als Zugtier 5.
Ochsenkopfschiene 149, A 148.
Oder, Kanalisierung der 438; — Staustufe bei Konty A 440; — Durchstich bei Janischkowitz A 441; — Schiffahrt 416, 418.
Oder-Spreekanal 481, 490, 492.
Odessa, Hafenanlagen von 538.
Oginskikanal 472 f.
Ohiobrücke bei Cincinnati 393.
Ohiokanal 478.
Ohrhölzer (Schiffb.) 652.
Okekanal 481.
Oldenburg, Eisenbahnen in 85.
„Oldenburg", Panzerschiff 726.
Oldham (Schaufelrad) 706.
Olive-Mount-Einschnitt der Liverpool-Manchester Eisenbahn A 205.
Ölschiffe 461.
Olten, Aarebrücke bei 399.
Omnibus 52.
Oranje-Freistaat, Eisenbahnen im 88.
Ordinarischiffe 421.
Oructor Amphibolus von Evans A 185.
Osnabrücker Stahlwerk, Schmalspurbahn des 94.
Österreich-Ungarn, Eisenbahnen in 46, 78, 82, 85; — Fahrgeschwindigkeit 325; — Personenverkehr 326; — Verbund-Schnellzuglokomotive 228, A 224.
Ostia, Hafen 517.
Ostsee-Hammekanal 491.
Ostsee-Schwarzes Meer-Kanal 473.
Oswego-Blackflußkanal 477.
Ouchy-Lausanne-Seilbahn 339 f., 345.
Ovalkessel (Schiffsmasch.) 695.

P. & O. Company (Dampfschiffahrt) 607.
Pacificbahnen 106, 109, 117, 119; — Solanofähre der Zentral-P.-B. 333, A 334; — Pecos-Thalbrücke der Süd-P.-B. 390.
Paderno, Addathalbrücke bei 400.
Paixhans (Artill.) 620, 709.
Palästinafahrten im Mittelalter 17.
Pallakopas, Kanal 423.
Palmer (Hängebahnen) 374.
Palu-d'Avevres, Viadukt von 406.
Panamakanal 518.
Pandangbahn, Lokomotiven der 233.
Panzerdeckkreuzers, Querschnitt eines 676.
Panzerkreuzer 627; — „Fürst Bismarck" 627, A 624; — auf Helgen zum Stapellauf bereit A 685.
Panzerplattenbearbeitungswerkstatt in Sheffield A 729.
Panzerplattenwalze A 726.
Panzerplattenzementierofen A 727.
Panzerschiffe, Einführung der 621, 709; — Hauptspant eines A 675; — Konstruktionsriß T 680; — Typen A 622, 624, T 629; — „Alexandra" 626, A 622; — „Black Prince" 724, A 621; — „Charlemagne" 627, A 624; — „Devastation" 627, A 622; — „Fürst Bismarck" 627, A 624, 685; — „Gloire" 621, 724; — „Inflexible" 627, A 622; — „Marceau" 627, A 624; — „Merrimac" 622; — „Monitor" 626; — „Oldenburg" 726; — „Poltawa" 627, A 623; — „Powerfull" 627, A 625; — „Preußen" 626, A 622; — „Prince George" 627, A 623; — „Royal-Soverеign" 627, A 622; — „Tegetthoff" 626, A 622; — „Terrible" 627, A 624; — „Terror" 626, A 622; — „Warrior" 724, A 621.
Panzertürme auf Schiffen 717; — Hauptspant des Turmschiffes „Preußen" mit A 718; — von Armstrong A 718; — von Gruson 731, A 730.
Panzerung von Schiffen s. Schiffspanzer.
Papierrad von Allen A 269.
Papin (Dampfschiffahrt) 421, 602.
Parabolische Linse, Spiegel s. Leuchttürme A 564.
Paraguay, Schiffahrt auf dem 419.
Paraguay, Eisenbahnen in 83.
Parallelträger (Brückenbau) 393.
Paraná, Schiffahrt auf dem 419.
Paranahyba, Schiffahrt auf dem 420.
Pardunen, Stenge- (Schiffstakel.) 660.
Paris, Arcolebrücke in 399.
Passagierdampfer, Größenverhältnisse der (1837—1897) 618, A 617.
Passagium 17.
Patentanker A 663.
Patterson, Ingenieur 63.
Pauli (Brückenbau) 393.
Paulitschkys Schneebagger 331.
Pecos-Thalbrücke 390.
Peerde im Schiffstauwerk 661.
Pegeltürme im Kaiser Wilhelmkanal 509.
Pelletan (Blasrohr) 199.
Penmarch-Eckmühl, Linsenapparat des Leuchtturms von 564, A 565.
Penn (Schiffsmasch.) 613; — Doppeltrunkmaschine A 699.
Pennsylvanien, Kanalsystem von 477.
Pernarthwehr, Fischtreppe am A 449.
Perpendikel eines Schiffes 629.
Perronet, Ingenieur 63, 388.
Perry, John, Ingenieur 472.
Perser, Brückenbau der 383; — Handel 12; — Straßenbau 56.
Persien, Eisenbahnen in 83.
Personenverkehr auf Eisenbahnen 326.
Personenwagen s. Eisenbahnwagen.
Personenzuglokomotive, Ansicht einer $\frac{2}{3}$-, mit vorderer Laufachse u. Außenrahmen A 183.
Peru, Eisenbahnen in 42, 83, 100 f.; — Verruga-Viadukt 101, A 103; — Seilebene der Südbahn 339; — Straßenbau im alten 60.
Pest-Waitzener Eisenbahn 81.
Peter d. G., Kanalbauten unter 472.
Peter von St. Mary, Baumeister 385.
Petersberg (Siebengebirge), Zahnbahn auf den 137.
Petersburg-Krasnoje-Seloer Eisenbahn 81.
Petersburg-Kronstadter Kanal 512, A 513.
Petra, Handelsstadt 10.
Petroleumlampe, amerikan., für Eisenbahnwagen 253, A 254.
Petroleum-Tankdampfer, Schottensystem in 680.
Petroleumverladung auf Schiffen 461.
Peutingersche Tafel 60.
Peymann, von (Kanalb.) 502.
Pfahlmasten 660.
Pfahlrost, Kaimauer auf 459, A 458.

Digitized by Google

Pfeife, Dampf-, an Lokomotiven 204, 277, 285; — s. Schiffahrtssignale 568.
Pferd, elektrisches, s. Schiffszug 424.
Pferde im Schiffstauwerk 661.
Pferdebahnen 58.
Pflerschthale, Führung der Brennerbahn im 118, A 114.
Pharus, Leuchtturm auf 517, 552.
Philadelphia, Brücke über den Schuylkill bei 389.
Phönixschiene für Straßenbahnen 158, A 157; — von Adams 158.
Phönizier, Handel der 10; — Schiffbau 592; — Seehäfen 516; — Straßenbau 55.
Piekfall (Schiffstauwerk) 662.
Pier bei Madras A 531.
Pikes Peak-Zahnbahn 101, 140; — Lokomotive 229, A 230.
Pilar-Bahia-Seilbahn 106, 340.
Pilatusbahn, Eselspartie, Wolfsschlucht der 140, A 138 f.; — Lokomotive A 231; — Seilebene 339.
Pilgerfahrten nach Palästina im Mittelalter 17.
Pilzschiene 145; — von Jessop A 148.
Pinassen 668.
Pinne am Steuerruder 645, 658.
Pintsch, Jul. (Gasbeleucht.) 254; — Gasboje 551, A 550.
Piräus, Hafen 517.
Pisa, Handel im Mittelalter 16, 20 f.
Pivotbolzen (Schiffslafette) 716.
Plankengänge (Schiffb.) 655; — verlorene 655.
Platen, von (Kanalbau) 474.
Plattengänge (Eisenschiffb.) 676; — verlorene 676.
Plattenspanten (Eisenschiffb.) 675.
Plattenstrake (Eisenschiffb.) 676.
Plattformwagen mit Drehgestellen 262, A 263.
Plauescher Kanal 417, 482, 491.
Pneumatischer Getreideheber A 462; — Tunnelbau T 581.
Pockholz (Schiffb.) 618.
Poelhemschleuse 478 f.
Poller in Häfen 525.
Polonceau, Ingenieur 67.
Polsterung i. Eisenbahnwagen 249, A 250.
„Poltawa", Panzerschiff 627, A 623.
Polygonallinse f. Leuchttürme A 546.
Poncelet (Eisenbahnb.) A 158.
Pondichery, Eisenbahnen von 83.
Pons Älius 380; — Cestius 380; — Fabricius 380; — Sublicius 379.
Pontaillac, Leuchtturm von 557.
Pontons 531.
Pontonbrücken 410.
Poop (Schiffb.) 682.
Portage-Thalbrücke A 389.
Porte chaise 52, A 51.
Portens-Gemeinden 64.
Porteranker 663.
Porto, Durobrücke bei 400.
Portugal, Eisenbahnen in 82; — Handel im 16. Jahrh. 27; — Schiffbau 595; — Karavellen A 596 f.
Post von Beirut nach Damaskus 46, A 48.
Poststraßen im Gebirge 115.
Postwagen, elektrisch betriebener A 78.
Postwesen, römisches 59.
Postzüge 321.
„Powerfull", Kreuzer 627, A 625.
Prag, Brücke bei 387.
Preece (Eisenb.) 315.
Prellpfähle in Häfen 525.
Preßkohlenheizung in Eisenbahnwagen 251.
Pretzien a. d. Elbe, Wehranlage bei 447, A 446.
Preußen, Eisenbahnen in 82, 85; — Fahrgeschwindigkeit 324 f.; — fünfachsige viergekuppelte Güterzuglokomotive A 173; — Laschenverbindung A 155; — Schiene A 147; — vierachsige zweigekuppelte Schnellzuglokomotive A 171; — Sprengringbefestigung A 271; — gepolsterter Wagen 249, A 250; — Wasserkran 328, A 322; — Kanäle 481 f; — Landstraßen 87.
„Preußen", Turmschiff 626, A 622; — Hauptspant mit Panzerturm A 718.
Primärbahnen 90.
„Prince George", Citadellschiff 627, A 623.
Probebelastung, Brücke zusammengebrochen bei der 401, A 402.
Propeller s. Schaufelrad, Schiffsschraube.
Prüsmann (Lokomot.) 177.
Pruth, Brücke bei Jaremeze über d. 405, A 404.
Ptolemäern, Seewesen unter den 592.
Pullmannsche Luxuswagen 243 f., A 244 f.
Pumpen auf Dampfschiffen 705.
Pumpenbagger 537, A 538.
Pumpspill A 657.
Puppenblöcke (Schiffstakel.) 622.
Purkinje (Kabelbahnen) 336.
Purves (Flammrohre) 695.
Püttingsschienen (Schiffb.) 657.

Quarterdeckschiffe 682.
Queensland, Eisenbahnen in 84.
Quentin, St., Kanal von 480 f.
Querhelling (Schiffb.) 611; — Stapellauf auf A 650.
Querschlings (Seew.) 659.
Querschotte (Schiffb.) 678.
Querschwellen-Oberbau (Eisenb.) 153.
Quersegel-Karavelle (15. Jahrhundert) 596, A 597.
Querspantensystem im Eisenschiffbau 673; — Doppelboden mit A 674.

Raaen 660.
Raaschiffe 660.
Raaschoner, Segelschiff 643, A 644.
Raasegel 643, 660.
Raatakel 660.
Rack (Schiffstakel.) 660.
Rackketten (Schiffstakel.) 660.
Raddampfer, Einführung der 602.
Räder, Eisenbahn- s. Eisenbahnräder.
Räderschiffsmaschine 702, A 701; — schrägliegende Compound- A 702; — Balancier- 702, A 703.
Radlenker einer Weiche 160, A 161.
Radreifen für Eisenbahnräder 269.
Rahmenlafette von Armstrong mit Lamellenbremse A 716; — von Vavasseur 715, A 717.
Rahmenspanten (Eisenschiffb.) 675.
Rainhill, Lokomotivenschlacht bei 202.
Rainwege 81.
Raleigh, Sir Walter (Schiffbau) 599.
Rammbug der Schlachtschiffe 626.
Rammstoß der Schlachtschiffe 626.
Ramsbottom (Eisenb.) 323.
Randsomholz (Schiffb.) 653.
Rangiersignale (Eisenb.) 286.
Ranke Schiffe 631.
Rankine (Schiffb.) 645.
Raperten (Schiffsgeschützw.) 708.
Ratho, Viadukt von 466.
Ratsche (Sperrrad) 184.
Raubritterwesen 23.
Rauchkammer i. d. Lokomotive 176.
Rauchplage der Lokomotiven 210.
Raum, lichter (Eisenbahnw.) 174.
Raumblockung (Eisenb.) 314.
Raydt (Hebung gesunk. Schiffe) 590.
Raz-Tina, Leuchtturm von 560.
Read, Dampfwagen von 70.
Read, Nathan (Röhrenkessel) 200.
Reaktionsmaschinen (Schiffsmasch.) 699, 702.
Receiver a. d. Dampfmaschine 219, 612.
Rechtsweiche 160, A 161.
Reede 520.
Reep am Steuerruder 658.
Reffen der Segel 661.
Refftakelsegel (Schiffstakel.) 662.
Refftalje, Schiffstau 662.
Reffseisinge, Schiffstaue 662.
Regensburg, Brücke bei 387; — Handel im Mittelalter 20.
Regnitz, Brücke zu Bamberg über die 389.
Reibhölzer in Häfen 525.
Reibung der Lokomotivräder 170.
Reibungsbahnen 102.
Reibungsbremsen 261.
Reibungslokomotiven 183; — mit Zahnradl. vereinigt 232.
Reiferts Zughaken A 273.
Reihenfahrt (Flußschiff.) 417.
Reisegeschwindigkeit d. Eisenbahnzüge 321.
Reisen zu Pferde 11.
Relingleiste (Schiffb.) 656.
Relingstützen (Schiffb.) 656.
Remscheid, elektr. Straßenbahn in 106.
Rennie, Ingenieur 86, 391, 519.
Rennie, J. & G. (Schiffsmasch.) 605.
Ressel, Joseph (Schiffsschrbe.) 605; — Porträt A 604.
Rettungsboote 664; — Francis' Patentrettungsboot A 665.
Reuleaux, Techniker 134.
Réunion, Eisenbahnen von 83.
Revolverkanone A 721.
Reynolds gußeiserner Schienenbelag A 142; — geneigte Ebene 488.
Rhein, Brücken über den: bei Bonn A 400; — von Cäsar 379; — bei Düsseldorf 401; — bei Koblenz 399; — bei Köln 393; — bei Schaffhausen A 388; — Eisenbahnfähren 333; — als Handelsstraße im Mittelalter 22; — Regulierungsarbeiten 436; — Schiffahrt 415, 418.
Rhein-Marnekanal 491.
Rhein-Rhônekanal 491.
Rhinkanal 491.
Rhodus, Hafenanlagen von A 518; — Koloß 518, 551.
Rhône, Brücke bei Avignon 385 f., A 385; — zu Lyon 385; — Schiffahrt 415.
Rhône-Cette-Canal, Wehr im 448.
Rhyndacus, Brücke über den 383.
Richtplatten (Eisenschiffb.) 667, A 668.
Ricour, Ingenieur 101.
Riegelrolle an Weichen 305, A 304.
Riegeltopf für Spitzweichen (Eisenb.) 304, A 305.
Riehn (Schiffb.) 646.
Riesenkran s. Kanalbauten 478, A 479.
Riga, Handel im Mittelalter 26; — Leuchtturm bei 557.
Riggenbach, Zahnbahn 132 f., 135, 165; — Lokomotive 229, A 228.
Rigibahn 130, 132, 140; — Ansicht A 131; — Oberbaustützen 165, A 162; — Lokomotive v. Riggenbach 229, A 228.
Rillenschiene für Straßenbahnen 158, A 157; — von Adams 158.
Rillenwege 141.
Rimrottsche Lokomotiven 218.
Ringrohre (Geschützw.) 714.
Ringstück an Geschützen 712.
Rio Grande-Eisenbahn 119; — Georgetown-Schlinge u. Überschienung des Hagerman-Passes 119, A 123.
Riquet, Paul, Ingenieur 471.
Ritter, Zimmermstr. 388.
„Robert Stockton", Dampfschiff 607.
Robertson, Ingenieur 406.
Robertson, John (Schiffb.) 604.
Robison, Physiker 69, 184.
Röbling (Brückenb.) 393 f.
Rodman (Geschützw.) 709.
Röhrenbahnen s. Tunnelröhrenbahnen 361.
Röhrenkessel 198, 200; — älteste A 201.
Rollbrücken (Kanalw.) 406, 483; — chinesische A 482.
Rollen des Schiffes 635.
Rollwiderstand d. Fahrzeugen 102.
Rom: Engelsbrücke 380; — Hafenanlagen im alten 517.
Römer, Brückenbau der 380; — Kanalbauten 466; — Seehäfen 517; — Straßenbau 56; — Via Appia 56, A 57; — Trajansstraße 58, A 57; — Bohlenweg A 58; — Querschnitt einer Römerstraße 58, A 59; — Transportmittel 7; — Verkehrswesen 11.
Röntgen, G. M., Ingenieur, 220, 612.

Digitized by Google

Rostfläche in Lokomotiven 178.
Rostock-Güstrowkanal 492.
Rothenburg ob der Tauber A 25.
Rothesand-Leuchtturm 554, A 556 f., 558.
Rotterdams Kanalverbindung mit dem Meere 492.
Rottflußbrücke bei Schärding 389.
Rouen, Hafen von 430.
Rouquayrol (Taucherk.) 574.
Royalraaen 660.
„Royal Sovereign“, Citadellschiff 627, A 622.
Royalstenge (Seew.) 659.
Rücklauf des Dampfschiffes 707.
Rücklaufbremse an Lafetten 719.
Ruder am Schiff 645; — Schwerpunkt A 645; — s. Steuerruder.
Ruderfingerlinge am Steuerruder 658.
Ruderherz am Steuerruder 658.
Ruderkoker (Schiffb.) 652.
Ruderkopf am Steuerruder 658.
Ruderösen am Steuerruder 658.
Ruderpfosten am Steuerruder 658.
Ruderpinne am Steuerruder 658.
Ruderscheren am Steuerruder 658.
Ruderstamm am Steuerruder 658.
Rudersteven (Schiffb.) 651.
Rudyerd, John (Leuchtt.) 553.
Ruhrort, Hafen in 455, 462.
Rumänien, Eisenbahn in 82.
Rumsay (Schiffb.) 421, 602.
Rundgatt (Schiffb.) 653.
Rundkeilverschluß an Geschützen 716.
Rüppell (Eisenb.) 152, 288.
Ruppiner Kanal 491.
Russel, Scott (Schiffb.) 608, 645, 648.
Rußland, Eisenbahnen in 46 f., 82, 85; — Fahrgeschwindigkeit 324; — Personenverkehr 326; — Spurweite 92; — sibirische Bahn 46, 83, A 47; — transkaspische Bahnen 46, 83; — Kanäle 472.
Rüstanker 663.
Rüsten (Schiffb.) 657.

Saale, Schleusen in der 482.
Saanebrücke bei Freiburg 392.
Saarkohlenkanal 443, 480, 491; — Längenprofil (Schleusentreppe) 478 A 469.
Sabäerreich 8.
Saccardo, Ingenieur 219.
Sachsen, Eisenbahn in 82, 85; — Staatsstraßen 37.
„Sachsen“, Ausfallpanzerkorvette, Hauptspant d. A 677; — Panzerung A 725.
Sahlings (Seew.) 659.
Saida, Meerschloß zu 517, A 516.
Saligny, Ingenieur 399.
Salinenkanal 491.
Salonwagen, englischer 244, A 243.
Salvatore, San, Seilbahn auf den 340, 345, A 344.
Salzburg, Tunnel „Neuthor“ in 128.
Samuel (Lokomot.) 220.
Sandbergs Goliathschiene A 147.
Sandstreuer f. Eisenbahnzüge 170.
Sandwichsystem i. d. Schiffspanzerung 725.
Sänften 52.
Sangho, Hängebrücke 379.
Sarat, Handelsstadt 26.
Sattelschiene von Barlow A 148.
Sault Saint Mary, Stromschnellen bei 478.
„Savannah“, Dampfschiff 604.
Savery, Physiker 69.
Saxby (Eisenb.) 289.
Scaphanderapparat (Taucherkunst) 574.
Scarpe, Schiffsverkehr auf der 481.
Schaarhörnbake 547, A 548.
Schächte, Taucher- 578; — von Hersent 579, A 577.
Schachtschleuse 470.
Schaffhausen, Rheinbrücke bei A 388.
Schäkel an Ankerketten 663.
Schaluppe 648.
Schandeckel (Schiffb.) 656.
Schanzkleid (Schiffb.) 656, 677.
Schärding, Rottflußbrücke bei 389.
Scharrer, J. (Eisenb.) 79.
Schaufelräder an Dampfschiffen 705; — von Ericsson A 608.
Schebeckfegel A 648.
Schefflers Schwellenschiene 158.
Scheibenräder, Eisenbahn- 268, A 267, 269.
Scheibgatten (Schiffb.) 660, 662.
Scheinwerfer auf Schiffen 742.
Scheukopfnieten (Eisenschiffb.) 668.
Schergang (Eisenschiffb.) 677.
Schergangsplanken (Schiffb.) 655.
Schichau (Schiffb.) 741.
Schieb. lokomotive 172.
Schiebepontons 634.
Schiemannsgarn 661.
Schienen, Eisenbahn- 143; — Ausgleich- 151; — Breitfuß- von Stevens 146, A 147; — Breitfuß- von Vignoles A 147; — Brück-, Strickland-, Brunel- 147, A 148; — Dicksteg- 152; — Doppelkopf- (Stuhl-) von Locke A 148; — Druck- A 303; — gußeiserne Fischbauch- von Jessop 143, A 144; — schmiedeeiserne Fischbauch- (1830) A 145; — Flachschiene (1837) 146, A 147; — Führungs- 159, A 160; — gewalzte u. gearbeitete von Berkinshaw 144, A 145; — Goliath- von Sandberg A 147; — Herkules- 158; — Ochsenkopf- 149, A 148; — Phönix- 158, A 157; — Pilz- 145; — Pilz- von Jessop A 143; — der preußischen Staatsbahnen (1885) A 147; — Rillen- 158, A 157; — Sattel- von Barlow A 148; — Schutz- für Straßenbahnen 158, A 157; — Schwellen- von Haarmann 158; — Schwellen- von Hartwich A 157; — Schwellen- von Scheffler 158; — Steg- 152; — Stoßfang- A 153; — Stuhl- 155; — Träger- von Adams A 148; — gußeiserne Winkel- von Curr 142, A 143; — Zwangs- 159, A 160.
Schienenbefestigung (1835) A 146; — durch Hakenplatte und Klemmblättchen A 157.
Schienenbelag, gußeiserner, von Reynolds A 142.
Schienenbremse (Seilbahn) 168, A 167.
Schieneneinbauung in einer Landstraße A 68; — gepflasterte Landstraße mit Geleis A 68.
Schienenreibung 170.
Schienenschraube A 154.
Schienenstoß für Brückschienen 147, A 148; — fester, ruhender 149; — schwebender 149, A 150; — Stoß im Betrieb A 150; — Falkscher 151; — Norrisscher 151; — Stoßfugen 151; — Stoßfugenformen 151, A 152; — Haarmanns Wechselstegblattstoß 152, A 153; — Stoßbrücke 152, A 153; — Stoßfangschiene A 153.
Schienenstuhl A 155; — Holzdübel für A 156; — englischer A 156.
Schienenstuhlnagel, abgenutzter A 156.
Schienenübergänge, Sicherung der 319; — englisches Sperrwerk für Wegschranken 319, A 320; — englischer Gleisübergang 319, A 320.
Schienenüberhöhung 159.
Schienenweg von Curr 142, A 143; — der Liverpool-Manchester Eisenbahn (1830) A 145.
Schienenzange der Jungfraubahn 167, A 166.
Schiffahrtskanäle 465; — Lageplan des Bridgewater-, des Manchester-Kanals u. d. Eisenbahn A 84; — Kaiserkanal in China 8, 466, A 7; — Plan von Soutscheou A 467; — Längenprofil des Saarkohlenkanals A 469; — Kammerschleuse 469, A 470; — Schleuse mit 10 m Hubhöhe im Kanal von St. Denis A 471; — Bandakkanal in Telemarken 474, A 475; — Brownsche Hebewerke zum Ausheben des Chicagokanals 478, A 477; — Riesenkran zum Ausheben des Chicagokanals 478, A 479; — Drahtseilbahn für den Bau des Chicagokanals 478, A 479; — chinesische Rollbrücke 463, A 482; — die geneigte Ebene bei Elbing A 483; — Dockschleuse bei Georgetown A 484; — Hebewerk bei La Louvière 485, 490, A 485; — Hebewerk bei Henrichenburg 485, 488, A 486 f., 489; — Schleuse des Biwa-Kanals 492, A 493; — elektrischer Schiffszug 494, A 493.
Schiffahrtszeichen 547; — Windbake A 547; — Schaarhörnbake 547, A 548; — hohe Mellumbake 547, A 548; — Ansegelungstonnen A 549; — eiserne Glockenboje A 549; — Heulboje A 550; — Gasboje A 550; — Leuchttürme: auf Neuwerk 552, A 551; — von Cordouan A 552; — von Eddystone A 553; — auf Bell Rock 554, A 555; Rothesand-Leuchtturm 554, A 556 f., 558; — Leuchtbake A 559; — Kimmung oder Wölbung des Meeres A 561; — parabolische Linse A 564; — parabolischer Spiegel A 564; — Polygonallinse A 564; — Linsenapparat (Bienenkorb) des Leuchtturms von Penmarch-Eckmühl A 565; — tauchendes Feuer A 566; — Feuerschiff A 567; — Dampfsirene zu Bülk 569, A 568; — Kaiserkai-Speicher mit Zeitball in Hamburg A 569; — Wasserstandzeiger bei Brunshausen A 570.
Schiffbau: geschichtliche und technische Entwickelung 591; — Grundlagen des Schiffb.: Auftrieb u. Deplacement 628; — Stabilität 631; — Schwingungen des Schiffes im ruhigen Wasser u. auf See 635; — Besegelung u. Ruder 637; — Schiffswiderstand u. Maschinenkraft 645; — praktischer Schiffbau: Holzschiffbau 650; — Eisen- u. Stahlschiffbau 665; — Schiffsmaschinenbau 692; — Marineartillerie 708; — Schiffspanzer 724; — Torpedowesen 731.
Schiffbrücken 335.
Schiffe, verunglückte, Heben und Bergen der 584; — umgefallenes Schiff 584, A 580; — Aufrichten eines umgefallenen Schiffes 584, A 583; — Hebung eines Baggers A 584; — Ausbesserung einer Kaimauer A 585; — Hebung eines Torpedobootes 586, A 587; — Bergung der „Athabaska“ 588, A 587; — Hebung des Dampfers „Lady Cathrine“ A 588 f.; — Dichten des Lecks des „Großen Kurfürsten“ 589, A 590.
Schiffsboote 663; — Kriegsschiffskutter A 664; — Dampfbeiboot A 664; — Francis' Patentrettungsboot A 665.
Schiffsbreite (Schiffb.) 629.
Schiffsdurchlässe (Flußkanalis.) 443.
Schiffseisenbahnen 488.
Schiffshebewerke s. Hebewerke.
Schiffskessel s. Schiffsmaschinenbau.
Schiffsklassifikations-Gesellschaften 681.
Schiffslinien 630.
Schiffsmaschinenbau 692; — Compoundmaschine 618; — von Dudgeon 618, A 615; — „Great Britain“ A 610; — „Great Eastern“ A 613 f.; — „Great Western“ A 609; — Schiffswiderstand u. Maschinenkraft 645; — Feuerrohrkessel A 694 f.; — Bellevillekessel 697, A 696; — Dürrkessel A 697; — Thornycroftkessel A 698; — liegende Dampfmaschine A 699; — Penns Doppeltrunkmaschine A 699; — dreifache Expansionsmaschine für Zweischraubenschiff 701, A 700; — dreifache Expansionsmaschine für

Kriegsschiffe 701, A 700; — Räderschiffsmaschine 702, A 701; — schrägliegende Compound-Räderschiffsmaschine A 702; — amerikan. Balancier-Räderschiffsmaschine 702, A 703; — Kurbelwelle des Schnelldampfers „Kaiser Wilhelm d. G." A 704; — Schraubenpropeller A 706; — zweiflügelige Schraube A 707.
Schiffspanzer 724; — Panzerung der Ausfall-Panzerkorvette „Sachsen" A 725; — Panzerplattenwalze A 726; — Zementierofen A 727; — Versuche mit einer Kruppschen gehärteten Nickelstahlplatte von 300 mm Dicke A 728; — Panzerplattenbearbeitungswerkstatt in Sheffield A 729; — Grusons Hartgußpanzerturm für die Forts von Spezzia 731, A 730.
Schiffsschrauben 706; — Schraubenpropeller A 706; — zweiflügelige Schraube A 707; — Einführung der 605; — des „Great Britain" A 610.
Schiffstypen, Konstruktionsrisse von 630, T 629, A 622, 624.
Schiffswiderstand u. Maschinenkraft 645.
Schiffswinden 657.
Schiffszug, elektrischer 494, A 493.
Schifftransport, Anfänge 6.
Schild zum Vortreiben eines Tunnels A 360.
Schlafwagen 243.
Schlag beim Aufkreuzen des Schiffes 640.
Schleifen im Eisenbahnbau 117; — Schwarzwaldbahn mit den Triberger Schleifen 118, A 116 f.; — Tunnelschlinge der strategischen Schwarzwaldbahn A 122; — Georgetown-Schlinge u. Überschienung des Hagerman-Passes 122, A 123; — Kehren der Gotthardbahn in der Biaschinaschlucht 124, A 125 f.; — Linienentwickelung der Gotthardbahn durch Schleifen und Schlingen 124, T 125.
Schleiferbremse 261.
Schleppe im Schiffsbau 536.
Schlepper, elektrischer, für Schiffszug 494.
Schleppminen 734.
Schlepptender (Eisenb.) 183, A 224.
Schlepptender-Lokomotiven 223.
Schleppweiche (Eisenb.) A 160.
Schleppzug, mechanischer, auf Kanälen 494; — elektrischer A 493.
Schleudern der Lokomotive 170.
Schleusen: des Biwaseekanals 492, A 493; — mit 10 m Hubhöhe im Kanal von St. Denis 470, A 471; — Dodge- A 484; — Floß- 443; — im Kaiser Wilhelm-Kanal 508, A 509; — Kammer- 442, 466, 469, A 470; — Kasten- 468; — Kuppel- 470, A 470; — am Nußdorfer Spitz (Donau) 442, A 440; — Polhem- 478 f.; — Schacht- 470; — Sperr- 453; — Stau- 468; — Zwillings- 477.
Schleusenkammern, geneigte Ebenen ohne, mit beweglichen 483 f.
Schleusentreppe 470, A 469.
Schlichten der Hölzer (Schiffb.) 653.
Schlingen im Eisenbahnbau s. Schleifen.
Schlingern der Lokomotive 285; — des Schiffes 635.
Schlitten, Segel- 641.
Schlittenlafette 718.
Schloßholz an Stengen 660.
Schlup, Segelboot 643.
Schlüsseltrue (Seew.) 549.
Schlußsignale (Eisenb.) 284 T 283.
Schmalspurbahnen 92.
Schmalspur-Tenderlokomotive auf dem Gußstück der Dampfcylinder einer neuern amerikan. Riesenlokomotive 180, A 179.
Schmarting, Segeltuch 661.
Schmidts Reibungsbremse 261.
Schmiege (Schiffb.) 652.
Schmiegemaschine (Schiffb.) A 668.
Schmiegen der Spantwinkel (Schiffb.) 667.
Schmirner Thal, Führung der Brennerbahn im 113, A 114.
Schnabellokomotive A 104.
Schnaumast 660.
Schneebagger von Paulitschky 331.
Schneedach zum Schutze der Eisenbahnen A 119.
Schneepflüge 327.
Schneeschaufeln s. u. Schneeschleudermaschinen.
Schneeschleudermaschinen 327; — nach Leslie 329, A 328; — Görlitzer Dampf-Kreiselschneeschaufel 330, A 329; — Schneeschaufel bei der Arbeit 331, A 330; — Jults Schneeschaufel A 331.
Schneider-Creuzot (Schiffspanzer) 725 f., 727.
Schnellbremse von Westinghouse 258, A 260 f.
Schnelldampfer, Größenverhältnisse der (1837—1897) 618, A 617; — Querschnitte der größten A 618; — Konstruktionsriß T 630; — „Deutschland" 616; — „Kaiser Friedrich" in Spanten stehend A 671; — „Kaiser Wilhelm der Große" 616, A 688; Kurbelwelle A 704; im Querschnitt A 678; Steuereinrichtung A 686; — „Lahn" 647 f.; — „Oceanic" 616, 672, 681 f., 683; vor dem Stapellauf A 683.
Schnellfeuerkanonen A 722; — Bauweise der A 718; — Einführung der 720; — Armstrongs Schraubenverschluß 715, A 714; — automatischer Verschluß von Canet 716, A 715; — 15 cm-, von Armstrong mit Wiegelafette in gepanzerter Kasematte A 720; — Geschützturm von Canet A 720.
Schnellzüge 221; — der Gotthardbahn A 221.
Schnellzuglokomotive, amerikanische (1848) A 178; — Vorderansicht einer amerikanischen 208, A 211; — die schnellste der Welt 223, A 222; — neuere amerikan., u. Lokomotive a. d. Jahre 1831 208, A 210; — englische 228, A 225; — der österreich. Staatsbahn 228, A 224; — vierachsige der preuß. Staatsbahnen mit Drehgestell 169, A 171.
Schnürboden (Brückenbau) 402.
Schoellenen (Gotthardstraße) 66, A 65.
Schoner, Segelschiff 643.
Schonerbark, Segelschiff 645.
Schonerbrigg, Segelschiff 643
Schoner-Galeas, Segelschiff 643.
Schornstein an Lokomotiven 177.
Schote, Schiffstau 662.
Schotte, wasserdichte (Eisenschiffb.) 677.
Schottland, Kanäle in 476; — Straßenbau 62.
Schratsegel 643.
Schraube, zweiflügelige, für Dampfer A 706.
Schraubenböcke (Eisenschiffb.) 681; — Hintersteven mit 681, A 682.
Schraubendampfer, Einführung der 605; — „Archimedes" 605, A 606; — „Great Western" 607, A 609; — klar für den seitlichen Stapellauf A 650.
Schraubendampfermaschinen 699, A 699.
Schraubenkanonenboote 620.
Schraubenkuppelung f. Eisenbahnwagen 272.
Schraubenpropeller für Dampfer A 706.
Schraubenrahmen (Eisenschiffb.).
Schraubenspindel, Handsteuereinrichtung mittels A 658.
Schraubensteven auf Eisenschiffen 680.
Schraubenverschluß an Geschützen 715; — von Armstrongs 20,3 cm-Schnellfeuerkanone in Wiegelafette 715, A 714.
Schubert (Eisenbahnw.) 209.
Schubkarre f. Personentransport 53.
Schubspannung (Schiffb.) 654.
Schulterblöcke (Schiffstakel.) 662.
Schultz (Geschützw.) 714.
Schuner, Segelschiff 643.
Schuppen, Lager-, in Häfen 459, 525, A 526.
Schüttrinnensystem f. Kohlenverladung 529.
Schützentafeln am Wehr 446.
Schutzhäfen 520.
Schutzschiene, Haarmanns Straßenbahnoberbau mit 158, A 157.
Schuylkill, Brücke über den 389; — Kanalisierung 477.
Schwalgen am Maste 659.
Schwanenfluß in Australien 420.
Schwanzblock (Schiffstakel.) 662.
Schwarzen Meer, Handelsverkehr am 10.
Schwarzwaldbahn mit den Triberger Schleifen 118, A 116 f.; — strategische 120, A 121 f.
Schwarzwasserbrücke (Schweiz) 400.
Schwebebahnen s. Hängebahnen.
Schwebefähren 410; — in Bilbao A 411.
Schweden, Eisenbahnen in 82; — Spurweite 92; — Kanäle 473.
Schwedler (Brückenbau) 393.
Schweiz, Eisenbahnen in der 82; — Straßenbau 63.
Schwellen, Eisenbahn- 142, 164; — eiserne 156.
Schwellenschienen 158; — von Haarmann 158; — von Hartwich A 157; — von Scheffler 158.
Schwenkrahmenlafette 716.
Schwimmdocks 534, A 535; — eisernes A 536.
Schwimmkraft eines Schiffes 628.
Schwimmkran A 528, 685.
Schwimmpontons 534.
Schwinghebel, Zahnradlokomotiven mit A 229 f.
Schwingungen des Schiffes 635; — eines Floßes auf einer Welle A 636.
Schwoien der Schiffe 521.
Schwungradlokomotive von Trevithik (1802) A 186; — verbesserte (1803/4) A 187.
„Scotia", Dampfschiff 615.
Sechtenburger Kanal 491.
Seehäfen 516; — Meerschloß in Saida 517, A 516; — Hafenanlagen von Rhodus A 518; — Reichskriegshafen u. Kaiserl. Werft in Kiel T 520; — Mole von Neapel A 521; — Molenbau in Brunsbüttel A 522; — neuer Hafen in Bremerhaven 522, A 523; — Segelschiffhafen zu Hamburg A 525; — Kaischuppen u. Speicherblocks am Sandthorkai in Hamburg A 526; — großer Kran am Kranhöft in Hamburg A 527; — Schwimmkran A 528; — Verladevorrichtung in Erie Pa A 529; — Kohlenverladevorrichtung 528, A 530; — Kohlenschüttkran im Freihafen zu Bremen 528, A 530; — Pier bei Madras A 531; — Kielholen eines Schiffes 532, A 533; — Dockbank zur Ebbezeit 532, A 533; — Schwimmdock der Werft von Blohm & Voß in Hamburg 534, A 535; — eisernes Schwimmdock 535, A 536; — Sliphelling des Österreich. Lloyd 536, A 537; — Pumpenbagger 537, A 538; — Segelschiffhafen zu Hamburg 538, A 539; — Hafen von Marseille I u. II 542, A 540 f.; — Londoner Dockanlagen 544, A 543; — New York aus der Vogelschau 544, T 544; Hafeneinfahrt A 545.
Seekanäle 494; — Eimertrockenbagger A 495; — Querschnitte A 496; — Suezkanal u. seine Umgebung 496, A 497; bei Port Said A 498; bei Port Tewfic A 499; — Drehbrücke des Manchester Seekanals A 501; — Kaiser Wilhelmkanal: Trockenbagger A 505; — Spülbagger mit angespültem Sanddamm A 507; — Einschnitt bei Grünenthal mit Hochbrücke 507, A 508; —

Schleuse zu Brunsbüttel 508, A 509; — St. Petersburg-Kronstadter Kanal 512, A 513; — Mündung des Kanales von Korinth 512, A 514.
Seele, Seelenachse, -boden, -wände, -weite in Geschützrohren 712.
Seeminen 732.
Seezeichen s. Schiffahrtszeichen.
Segel s. Besegelung.
Segeljachten 641; — Konstruktionsriß einer T 630.
Segelschiff, Konstruktionsriß T 630; — s. Besegelung.
Segelschlitten 641.
Segmentgewölbe im Brückenbau 381, A 383.
Séguins Lokomotive mit Röhrenkessel u. Gebläse A 198; — stationärer Röhrenkessel A 201.
Seifert, L., Ingenieur 554.
Seilbahnen 106, 168, 335 ff.; — Abts selbstthätige Ausweichstelle 345, A 346; — dreischienige Seilbahn auf den Beatenberg mit Ausgleichseil 343, A 341; — Wagen der Bürgenstock-Bahn 347, A 346; — Gießbachbahn: obere, untere Station A 339; Umkehrrolle nebst Füllrohr 345, A 343; eiserner Viadukt A 340; — Grütschalpbahn bei Lauterbrunnen 340, A 337; Viadukt 340, A 338; — Oberbau der Bahn Lauterbrunnen-Mürren 168, A 167; — San Salvatore-Bahn mit zwei Schienen u. Abtscher Zahnstange 345, A 344; — Stanserhornbahn: Schienen- u. Zangenbremse 168, A 167; Umsteigestation 345, A 342; — Territet-Glion-Bahn mit vier Schienen u. Riggenbachscher Zahnstange A 345; — Drahtseilbahn f. d. Bau des Chicagokanals A 479.
Seilbrücke über den Chatatumbo 379, A 380.
Seilebenen bei Seilbahnen 339.
Seilgewicht bei Seilbahnen 342.
Seilschiffahrt 422.
Seilzug auf Kanälen 494.
Seine, Arcolebrücke in Paris über d. 399; — Brücke von Neuilly 388; — Regulierung 429; — Schiffsverkehr 481; — Wehre 447.
Seitenkielschwein (Eisenschiffb.) 674.
Sekundärbahnen 90.
Semaphore 276, A 277.
Semmeringbahn 42, 44, 108f.; — Lageplan 110, A 108; — Weinzettlwand A 109 f.; — Thalbrücke über die Kalte Rinne 110, A 111; — Konkurrenzlokomotive „Wiener Neustadt“ A 213; — Konkurrenzlokomotive „Seraing“ A 213.
Senecakanal 477.
Senegalgebiet, Eisenbahnen im 83.
Senséekanal 491.
Senten (Schiffb.) 630, 653.
Serajewo-Konjica-Eisenbahn 136.
Serbien, Eisenbahnen in 82.
Serpentinen bei Eisenbahnanlagen 115.
Setzen des Schiffes 635.
Severin (Kanalbau) 482.
Severnfluß, Fischtreppen im 450; — Eisenbrücke über den A 390.
Shawers Dampf-Motorwagen 72, A 71.
Sheffield, Panzerplattenbearbeitungswerkstatt in A 729.
Shrapnels 723, 724, A 722.
Shula, Seilbrücke 379, A 380.
Siam, Eisenbahnen in 83.
Sibirien, Eisenbahnen in 46, 83; — Karte A 47; — Fahrgeschwindigkeit 324; — Eisenbahnfähre auf dem Baikalsee 332, 334.
Sicard (Taucherk.) 574.
Sicherheitsschraubenkuppelung 272, A 271.
Sicherheitsweiche 160, A 161.
Sidon, Hafen von 516.
Siemens & Halske: elektr. Auslösevorrichtung (Blockverf.) 317, A 318; — Blockwerk 309, A 310; — elektr. Hochbahn 372; — Signalwesen 280; — aufschneidbarer Weichenhebel mit Hülfsfinks Drahtspanner 292, 294, A 293; — elektrischer Signalantrieb 298, A 300; — Streckenblockung 316 f.; — elektr. Unterpflasterbahn in Budapest 364; — Weichenstellvorrichtung mit Spitzenverschluß u. Drahtrißsperre. Schnitt 306, A 307.
Sierra Nevada, Bahnstrecke in der (Trestle work) 119, A 118.
Sievers (Kanalbau) 472.
Signalantrieb, elektrischer (Eisenb.) 298, A 300.
Signalbrücken (Eisenb.) A 283, 285, 299; — englische Signalbrücke mit 41 Flügelsignalen 283, A 285.
Signale, Schiffahrts- s. Schiffahrtszeichen; — Eisenbahn- s. Signalwesen.
Signalfelder (Blockverfahren) 311.
Signalflügelgruppen (Eisenb.) 289, A 290.
Signaltafel (Eisenb.) 283, T 282.
Signalturm (Eisenb.) 291.
Signalwesen s. Eisenbahnen 275; — Geschichtliches 275; — Signalformen 278; — Läutewerke 260; — Handsignale 282; — Mastensignale 282; — Vorsignale 284; — Weichensignale 284; — Signale am Zuge 284; — Weichen- u. Signalsicherung 288; — Blockverfahren 308; — Sicherung der Schienenübergänge 319.
Simons Dampf-Motorwagen 72, A 71.
Simplonbahn, Kraftstationen der 98; — Tunnel 44, 128.
Simplonstraße 64.
Simpsonsche Regel (Schiffb.) 630.
Single-Maschinen 170, 223, A 225.
Sinkstoffe in Flüssen 424.
Sirene (Schiffahrt) 569, A 568.
Sitzer (Schiffb.) 652.
Skandinavier, Schiffbau der 592; — Wikingerschiff A 598.
Skerryvore, Leuchtturm von 554.
Slidinggunteriegel A 648.
Slip des Dampfschiffes 707.
Sliphelling (Schiffb.) 536, A 537.
Smeaton, Ingenieur 36, 554, 571.
Smith, Archibald (Kompaß) 648.
Smith, J. B. (Schiffsschraube) 605; — Porträt A 605.
Smolensk im Mittelalter 27.
Södenborg, Ingenieur 473.
Sog, Bodensog 686.
Solani-Aquädukt 476.
Solano-Eisenbahnfähre 333, A 334.
Soldaja, Handelsstadt 27.
Sommerweg 68.
Sophia, Brücke der heiligen 383.
Sorgleine am Steuerruder 658.
Soroche, Bergkrankheit 101.
Sostratus, Baumeister 517, 552.
South-Foreland, Leuchtturm zu 562.
South-Western Eisenbahn, Viadukt der 406
Soutscheou, Plan von A 467.
Spagnoletti (Eisenb.) 315.
Spanien, Eisenbahnen in 82; — Fahrgeschwindigkeit 324; — Spurweite 92; — Handel im 16. Jahrh. 28; — Schiffbau 595.
Spantarealkurve (Schiffb.) A 630.
Spanten (Schiffb.) 652; — Aufrichten der A 652; — Schiff in 653.
Spantenbiegenplan (Eisenschiffb.) 667, A 668.
Spantenriß eines Schiffes 630.
Spantenskala (Schiffb.) A 631.
Spantwinkel, Biegen u. Schmiegen d. (Eisenschiffb.) 666.
Spardeckschiffe 682.
Spediteur 50.
Speichenrad, schmiedeeisernes 268, A 269.
Speicherräume in Häfen 459, 525, A 526.
Speigatt (Schiffb.) 677.
Speisepumpen für Lokomotiven 182.
Speisewagen 244, S 24, A 249.
Sperrschleuse 453.
Sperrthore a. d. Schleuse 508.
Sperrwerk für Wegschranken, englisches (Eisenb.) 319, A 320.
Spiegel (Schiffb.) 653.
Spiegel, parabolische, für Leuchttürme A 564.
Spiegelhölzer (Schiffb.) 653.
Spiegelwrangen (Schiffb.) 653.
Spieker im Schiffbau 657.
Spierentorpedos 784; — Torpedoboot mit A 734.
Spille auf Schiffen A 657.
Spindel, Ruder- 645.
Spirale im Eisenbahnb. 120
Spiraltunnel 122.
Spitzenverschlüsse (Eisenb.) 305; — mit Absicherbolzen von Büssing 305, A 306; — Weichenstellvorrichtung mit aufschneidbarem S. u. Drahtrißsperre Schnitt 306, A 307.
Spitzlehren im Eisenbahnb. 115; — einfache A 115; — doppelte der Eisenbahnlinie Tanga-Muhesa 116, A 115.
Spitzweichen (Eisenb.) 296; — Riegeltopf für 304, A 305.
Splügenstraße 66.
Spoleto, Aquädukt bei 383
Sponung am Kiel 651.
Sporn der Schlachtschiffe 625.
Spree, Schiffsverkehr auf der 418, 464; — Schleusen 448.
Spree-Oderkanal 481.
Spreetunnel 130.
Sprengewerke auf Hinterraddampfern 680.
Sprengringbefestigung (Eisenbahn) A 271.
Sprietsegel A 648.
Springfield, Brücke bei 389.
Springflut 425.
Springpferde (Schiffstauwerk) 661.
Springstroppen (Schiffstauwerk) 661.
Spruten, Schiffstaue 662
Spülbagger mit angespültem Sanddamm 506, A 507.
Spülbecken (Flußregul.) 427; — in Häfen 536
Spurerweiterung (Eisenbahn) 158.
Spurkranz an Schienen 143.
Spurwege 81.
Spurweite der Eisenbahnen 90.
Stabilität der Schiffe 600, 631.
Stadtbahnen 89, 347; — Londoner Untergrundbahnen 349; — Boden- u. Neigungsverhältnisse des Innenrings der Londoner Untergrundbahnen 350, A 351; — Steigungsverhältnisse der East-London-Bahn A 352; — Untertunnelung einer Häusergruppe A 352; — Tunnelquerschnitte A 353; — Tunnel mit Steineisendecke 353 A 354; — Tunnelquerschnitt unterhalb der Londoner Docks A 354; — Station Gower Street 355, A 354; — Station mit Glas-Eisendach A 355; — Schnitt durch die Cannon Street-Station A 356; — Querschnitt der Station Wapping 356, A 357; — offener Einschnitt der Station Shadwell 356, A 357; — Entlüftungsanlage i. d. Cannon Street A 358; — Londoner elektrische Tunnelröhrenbahn 359; — Querschnitt des Tunnels A 360; — Stahlschild zum Vortreiben des Tunnels A 360; — Arbeitsbühne u. Einsteigeschacht i. d. Themse A 361; — Schnitt durch eine Station A 361; — Längsschnitt der elektr. Lokomotive A 362; — Schnitt durch eine Zwischenstation der Zentral-London-Bahn A 363; — Mansion House-Station A 364; — elektrische Unterpflasterbahn in Budapest 364; — Tunnel mit Unterführung einer Wasserleitung 364, A 365; — Tunnel i. d. Grundwasserstrecke d. Andrassystraße A 365; — eiserner Deckenbau der Station Arenastraße 365, A 366; — Treppenhäuschen der Station Arenastraße 365, A 366; — Bau der Haltestelle Giselaplatz A 367; — innere Ansicht der Station Oktogonplatz 365, A 368; Wagen mit vierpoligem um die äußere Drehgestellachse

gebauten Motor 365, A 368; — New Yorker Hochbahnen 369; — Lageplan A 370; — Gleisbogen 369, A 371; — Querschnitt einer Station 369, A 371; Berliner elektrische Hochbahn 372; — Gleisdreieck A 372; — Oberbaumbrücke 372, A 373; — Station Gitschinerstraße im Bau A 373; — Berliner Unterpflasterbahn 374; — Hänge- oder Schwebebahnen 374; — Lartigues Dreischienenb. Lokomotive 374, A 375; — Enos' Hängebahn 375, A 376; — Langensche Schwebebahn 375, A 376; — Elberfelder Schwebebahn: Seiten- u. Unteransicht 376, A 377.
Stadttragstühle 52.
Stadtverkehr 51.
Stage (Schiffstakelung) 660; — über Stag gehen des Schiffes 641.
Stagsegel 643.
Stagtakel (Schiffstakel.) 662.
Stahlplattenpanzer 725.
Stahlschiffbau s. Eisenschiffb.
Stampfbeton im Brückenbau 405.
Stampfen des Schiffes 635.
Stampfstage (Schiffstauwerk) 661.
Stampfstock am Bugspriet 661.
Ständer am Wehr 447.
Standsignale, älteste (Eisenb.) 275, A 276.
Stanserhornbahn 106, 343, A 107; — Schienen- u. Zangenbremse 168,' A 167; — Steigung 340; — Umsteigestation 344, A 342.
Stapelklötze (Schiffb.) 650.
Stapellauf 651, 658; — Schraubendampfer klar für den seitlichen A 650; — eiserne Schiffe 682; — „Oceanic" vor dem A 683; — Vorkehrung, um den Schlitten auf geneigter Ebene zu halten A 684; — „Fürst Bismarck" zum St. bereit A 685.
Stapelrecht 24.
Stationsblockung s. u. Blockverfahren.
Stationssignale 276.
Stauschleusen (Kanalb.) 468.
Staustufe (Flußkanalisier.) A 440.
Stauwand am Wehr 443.
Stauwerke s. Flußkanalisierung.
Steamkasten (Schiffb.) 653.
Stecknitz, Schiffahrt auf der 438.
Stecknitzkanal 468.
Steeles Luftdruckbremse 259.
Steenke (Kanalbau) 482.
Steertblock (Schiffstakel.) 662.
Stegschienen 152.
Stehbolzen an Lokomotivkesseln A 180.
Stehendes Gut i. d. Takelage 660.
Stehlin (Zahnbahn) 140.
Steife Schiffe 631.
Steige, Zaberner 115.
Steigungsgrenze der Eisenbahnen 105.
Steigungsverhältnisse i. Eisenbahnbau 102, A 105.
Steilbahnen s. Seilbahnen, Zahnbahnen.
Steina, Viadukt von 406.
Steinkistenfundierung, Kaimauer mit A 459.
Steinwürfelunterlage, gußeiserne Fischbauchschiene von Jessop auf 143, A 144.
Stellwerke s. u. Weichen- u. Signalsicherung 288.
Stellwerkhaus des Kopfbahnhofes Cannon Street in London 290, A 291.
Stellwerkhebel, englischer, mit Verschlußvorrichtung (Eisenbahn) 291, A 292.
Stemmthore (Kanalbau) 470.
Stengensahling (Seew.) 660.
Stengepardunen (Schiffstakel.) 660.
Stengewindreep (Schiffstakel.) 662.
Stephenson, George, Ingenieur 192; — Porträt A 192; — Blackwallbahn 336; — Eisenbahnsignale 275; — Liverpool-Manchester-Eisenbahn 204; — Lokomotiven: Nr 1. A 196; zweiter Bauart (1815) A 194; dritter Bauart (1816) A 195; „Adler" 203; — Spurweite 90; — Suezkanal 496; — Walzschiene 143, 145; — Zahnradantrieb für d. Lokomotive „Blücher" (1814) A 193.
Stephenson, Robert, Ingenieur 205; — Britanniabrücke 112, 392, A 113; — Lokomotive „America" (1828) 198, A 197, 206; — Lokomotive „Rocket" 200, A 199; — Röhrenkessel der „Rocket" A 201; — Lokomotive „Planet" A 203; — Steuerung 210, 704; — Zwillingslokomotiven 216.
Stetigkeit eines Schiffes 637.
Stettin z. Z. d. Hansa 20.
Steuerbordbug, Schiff über 640.
Steuerbordhalsen 640; — Bark mit halbem Winde segelnd mit A 640.
Steuerlastige Schiffe 630.
Steuerruder 658; — Handsteuereinrichtung mittels Schraubenspindel A 658; — Hintersteven mit (Eisenschiffb.) 680, A 681; — Dampfsteuerapparat 684, A 686.
Steuerung an Lokomotiven 210.
Steven (Schiffb.) 680.
Stevenknie am Vorsteven 651.
Stevenrohr (Schiffb.) 651.
Stevens, John (Eisenbahnw.) 206.
Stevens, Robert, Breitfußschiene von 146, A 147.
Stevenson, Alan (Leuchtt.) 554.
Stevenson, Robert (Leuchtt.) 554, 560.
Stevin, Simon (Kanalbau) 468.
Stilfserjochstraße 66, A 65.
Stockport, Viadukt von 406.
Stockton (Schiffb.) 607.
Stockton-Darlingtoner Bahn 90; — Stephensons Lokomotive „Locomotion" A 196; — erster Personenwagen der 236, A 237.
Stopfbüchsenklotz (Schiffb.) 653.
Stopperstöße 683.
Störkanal 491.
Storkowkanal 491.
Stoßbrücke (Eisenb.) 152, A 153.
Stoßfangschiene A 153.
Stoßfugen (Eisenb.) 151, 165.
Stoßfugenformen (Eisenb.) 151, A 152.
Stoßvorrichtungen s. Eisenbahnwagen 271, A 271 f.
Stoßweger (Schiffb.) 655.
„Stourbridge Löwe", Lokomotive 206.
Strak (Schiffb.) 630.
Strandrecht 51.
Straßburg, Schiffahrtsverkehr von 464.
Straßenabschlämmmaschinen 68.
Straßenbahnoberbau mit Schutzschiene v. Haarmann 158, A 157.
Straßenbau s. Landstraßen.
Straßeneisenbahnen 53.
Straßenkehrmaschinen 68.
Straßenmotoren 69; — Cugnots Dampfwagen A 69; — Trevithiks Straßenlokomotive 70, A 69; — Londoner elektrisches Cab 71 A 70; — amerik. elektr. Wagen 72, A 70; — Shavers Dampf-Motorwagen 72, A 71; — Simons Dampf-Motorwagen 72, A 71; — Daleys Gasoline-Motorwagen 72, A 71; — Benton-Harbers Gasoline-Motorwagen 72, A 71; — elektrisch betriebener Gesellschaftswagen f. 12 Personen 73, A 72; — elektrisch betriebener Geschäftswagen 73, A 72; — elektrisch betriebener Postwagen A 73; — Daimlerscher Motorfrachtwagen A 74.
Straßenpflaster i. Mittelalter 52.
Straßenverkehr im 18. Jahrh. (Porte chaise) A 51.
Straßenwalzen 68.
Straßenzwang 24.
Streckenblockung s. u. Blockverfahren.
Streckensignale (Eisenb.) 278.
Streugeschosse 723.
Strickland-Schiene 147, A 148.
Striegauer Wasser, gußeis. Brücke über das A 391.
Stringerplatten (Schiffb.) 665, 676.
Stringerwinkel (Schiffb.) 665, 674.
Stromanker 663.
Strombaukunst 423.
Stropp (Schiffstakel.) 662.
Strub (Zahnbahn) 136, 165; — Oberbau, Schienenzange, Zahnstangenweiche d. Jungfraubahn 167, A 166.
Stufenräder bei Zahnbahnen 165.
Stuhlschiene A 148.
Stuhlschienengleise 153.
Stuhlschienenoberbau (Eisenbahnb.) 158, 155, A 156.
Stumpfbolzen im Schiffbau 657.
Sturmflut 425.
Sturzbett am Wehr 443.
Sturzpforten (Schiffb.) 656.
Stützkörper am Wehr 443.
Submarineguđer 580, A 580 f.
Südafrikanische Republik, Eisenbahnen in der 83; — Feldbahn mit elektrischem Betrieb A 93.
Sudan, Eisenbahnen im 83.
Suez, Kanal von 465, 496; — Karte A 497; — bei Port Said A 498; — bei Port Tewfic A 499.
Sulinamündung, Regulierungsarbeiten an der 436.
Sully, Straßenbau unter 61.
Sunderland, Brücke zu A 391.
Superga-Seilbahn 339.
Susquehanna, Brücke bei Columbia über den 389; — Eisbrücke A 410; — Eisenbahnfähre 333.
Susquehannakanal 477.
Swakopmund-Windhoeker Bahn 94.
Swift boats 474.
Sykes (Eisenb.) 315.
Symington, Ingenieur 69, 421, 602; — Dampfboot A 601.
Széchényistraße a. d. unteren Donau A 67.

Tafel, Peutingersche 60.
Tagesmarken (Seew.) 547.
Tagespost von Beirut nach Damaskus 46, A 48.
Tajo, Römerbrücke über den 381, A 382.
Takel (Schiffstauw.) 662.
Takelage, stehendes, laufendes Gut der 660 f.
Takelung eines Schiffes 659.
Talbots Güterwagen 263, A 266.
Taljen (Schiffstauw.) 662; — am Steuerruder 658.
Taljereeps, Taue 660.
Tampico-Mexiko, Lokomotive der Bahn 217.
Tana, Handelsstadt 18, 28.
Tanga-Muhesa, doppelte Spitzkehre der Eisenbahnlinie 116, A 115.
Tanks, Tankschiffe 461; — Schottensystem in 680.
Tarbé (Straßenbau) 66.
Tasmanien, Eisenbahn. in 84.
Tauchbewegungen d. Schiffes 635.
Taucherkunst 571; — Taucherhelm mit Verschluß 572, A 571; — Taucher im Anzug u. mit Luftpumpe A 572; — amerikan. Taucherausrüstung 576, A 573; — Taucher mit Luftregulator ohne Helm u. Anzug (Nackttaucher) 576, A 574; — Taucher mit Luftregulator, Vorrichtung zum Sprechen u. Hören, Lampe 576, A 575; — unterseeische Petroleumlampe A 576; — Marcilbacys Taucherhelm mit elektr. Lampe 577, A 576; — Hersents Taucherschacht 579, A 577; — Haedickes Tieftauchapparat 579, A 578; — Haedickes Taucherboot A 579; — unterseeisches Boot „Nautilus" 570, A 579; — Haedickes Submarineguđer 580; — Submarineguđer für kleine Fahrzeuge, für Boote, im Kugelgelenk A 581; — pneumatischer Tunnelbau T 581.
Taucherschachte für Stromregulierung A 436 f.
Tauerboot, elektrisches, A 422.
Taurus, Handelsstadt 18.
Taxis, Franz von (Postw.) 61.
Taylor (Schiffb.) 602; — Dampfboot A 601.

Digitized by Google

„Tegetthoff", Kasemattschiff 626, A 622.
Tehuantepec, Schiffseisenbahn von 516.
Telemotor von Brown 684.
Telfener (Eisenbahnw.) 186.
Telford, Ingenieur 86, 62, 392, 406.
Tender 183.
Tenderlokomotiven 183.
Tenderwache 277.
Terni-Werke (Panzerplatten) 730.
Terre-Nègre, Leuchtturm von 557.
„Terrible", Kreuzer 627, A 624.
Territet-Glion-Seilbahn A 345.
Tertiärbahnen 90.
Tessinthal, Kehrtunnel der Gotthardbahn im 124, T 125.
Teufelsbrücke über den Lobregat A 386.
„Teutonic", Dampfschiff 615.
Thalbrücken s. u. Brücken.
Tharschich, sagenh. Land 10.
Themse, die alte Brücke zu London über die 385; — Southwarkbrücke zu London 391; — Towerbrücke 406.
„The Queen", Linienschiff 600 A 601.
„The Sovereign of the Seas", Dreidecker A 558.
„The Victory", Dreidecker 598, A 599.
„The Victory", Linienschiff 708.
Thomson, John (Schiffb.) 607.
Thornycroft: Kessel (Schiffsmaschine) A 698; — Schiffsschraube 706; — Torpedoboote 740.
Thunberg, Daniel, Ingenieur 474.
Tiber, Schiffahrt auf dem 415.
Tichwinsches Kanalsystem 472 f.
Tiefbahnen 89, 348.
Tiefenregulator für Torpedos 785; — Wirkung 786, A 785.
Tiefgang eines Schiffes 628.
Tieftauchapparate 579; — von Haedicke 579, A 578.
Tiete, Schiffahrt auf dem 420.
Tiszolcz-Zolyom brezo-Eisenbahn 136; — Abtsche Lokomotive 234, A 235.
Tjalk, Segelboot 643.
Tonkin, Eisenbahnen von 83.
Tonnen (Seew.) s. Bojen 548.
Tonnenrad s. d. Schiffstakelung 660.
Top des Mastes 659.
Topenanten, Schiffstaue] 661.
Topfflöße 6.
Topsegel 643.
Topstück (Schiffb.) 652.
Toptakel 586.
Topzeichen (Seew.) 549.
Torpedoboote 627, 740, A 625; — Konstruktionsriß T 630; — Hebung eines gesunkenen 586, A 587; — älteres mit Spierentorpedos A 743.
Torpedobootzerstörer 627, 741 f., A 625.
Torpedokanonenboot mit Torpedobooten 627, A 625.
Torpedoschutznetz, Panzerschiff „Victoria" mit 742, A 741.
Toselli (Taucherapp.) 581.
Torpedowesen 731; — Berührungsmine A 732; — Vorrichtung zur Verteidigung des Triester Hafens 734, A 733; — älteres Torpedoboot mit Spierentorpedo A 734; — Wirkung von Tiefenregulator u. Pendel 736, A 735; — Brotherhood-Maschine A 736; — Whitehead-Torpedo A 737 f.; — Lancierung eines Torpedos A 739; — Überwasserlancierrohr A 740; — Torpedozielapparat 740; — Panzerschiff „Victoria" mit Torpedoschutznetz 742, A 741.
Tote Last bei Fahrzeugen 140.
Tothölzer am Vorsteven 651.
Towerbrücke in London 406.
Town, Ingenieur 389.
Tracieren der Straßen 69.
Trägerschiene von Adams A 148.
Tragstühle 52.
Trajansbrücke über die Donau 380; — über den Tajo 381, A 382; — -straße am Kasanpaß 58, A 57.
Trajektanstalten s. Fährboote.
Transandinische Eisenbahn 95.
Transkaspische Eisenbahn 46.
Transvaal, Eisenbahnen in 83; — Feldbahn mit elektrischem Betrieb in A 93.
Traube an Geschützen 712.
Treibachse, Lokomotive mit 183; — mit freier 170.
Treidelweg 452.
Trent- u. Merseykanal: Hebewerk 484, 490.
Tresidder (Nickelstahl) 727.
Trestle works 119, 389; — Bahnstrecke über die Sierra Nevada 119, A 118.
Trevithiks Schwungradlokomotive (1802), A 186; — verbesserte (1803/4) A 187; — Londoner Straßenlokomotive 70, A 69.
Trevithik Sohn (Eisenbahnw.) 174.
Trew, John, Ingenieur A 85.
Trezzo, Addabrücke bei 386.
Triberger Schleifen, Schwarzwaldbahn mit den 118 A 116 f.
Triere, altgriechische A 592.
Triest, Hafenanlagen von 542; — Vorrichtung zur Verteidigung des Hafens 734, A 733.
Trisanabrücke (Arlbergbahn) 399, A 398.
Trockenbagger 506, A 505; — Eimer- A 495.
Trockendocks 531.
Trollhättakanal 478.
Trommelwehr 448, A 447.
Trompete, Dampf- 277, A 201.
Troske (Lokomot.) 178.
Truen s. Bojen.
Trunkmaschine von Penn A 699.
Tunis, Eisenbahnen in 83.
Tunnelbau 44, 122 f.; — Tunnel bei Barada der Antilibanon-Eisenbahn A 44; — Beginn eines Tunnelbaues 130, A 129; — fertiges Tunnelportal 130, A 129; — pneumatischer T 581; — s. a. Untergrund-, Unterpflaster-, Tunnelröhrenbahnen.
Tunnelröhrenbahnen, elektrische, in London 359; — Tunnelquerschnitt A 360; — Stahlschild zum Vortreiben des Tunnels A 360; — Arbeitsbühne und Einsteigeschacht s. d. Themse A 361; — Schnitt durch eine Station A 361; — Längsschnitt der Lokomotive A 362; — Zentral-Londonbahn 363; — Schnitt durch eine Zwischenstation A 363; — Mansion House-Station 363, A 364.
Tunnelschlinge d. strategischen Schwarzwaldbahn A 122.
Turin-Genua-Seilbahn 338.
Türkei, Eisenbahnen in der 82; — Brückenbau 383.
Turmschiffe 626 f.; — „Charlemagne" 627, A 624; — „Devastation" 627, A 623; — „Marceau" 627, A 624; — „Monitor" 626; — „Preußen" 626, A 622; — „Preußen", Hauptspant mit Panzerturm A 718.
Türr, Stefan (Kanalb.) 518.
Tyne, Regulierung des 429; — Viadukt bei Newcastle 406.

Überneigen des Schiffes 642.
Überwasserlancierrohr f. Torpedos A 740.
Ufereinfassungen in Häfen 524
Umgrenzungsprofil der Eisenbahnfahrzeuge 174, A 171, 174.
Umkehrrolle nebst Füllrohr der Gießbachbahn 345, A 348.
Umschlagsplätze (Verkehrsw.) 452.
Umschlagsrecht (Handelsverkehr) 24.
Umsteigestation der Stanserhornbahn 348 f., A 342.
Unionkanal 477.
Untergrundbahnen 69, 348; — in London 349; — Boden- u. Neigungsverhältnisse des Innenrings 350, A 351; — Steigungsverhältnisse der East-London-Bahn A 352; — Untertunnelung einer Häusergruppe am Pembridge Square A 352; — Tunnelquerschnitt (1861, 1881), A 353; — Tunnel mit Stein-Eisendecke 353, A 354; — Tunnel unter den Docks A 354; — Station Gower Street 355, A 354; — Station mit Glas-Eisendach A 355; — Cannon Street Station A 356; — Station Wapping 356, A 357; — Station Shadwell 356, A 357; — Entlüftungsanlage A 358.
Unterhaupt an der Schleuse 470.
Unterliek eines Segels 662.
Untermarsraaen 660.
Untermast 659.
Unterpflasterbahnen 89, 348; — elektrische in Budapest 364; — Tunnel mit Unterführung einer Wasserleitung A 365; — Tunnel s. d. Grundwasserstrecke der Andrassystraße A 365; — eiserner Deckenbau d. Station Arenastr. A 366; — Treppenhäuschen der Station Arenastr 365, A 366; — Bau der Haltestelle Giselaplatz A 367; — Station Oktogonplatz 365, A 368; — Wagen mit vierpoligem um die äußere Drehgestellachse gebauten Motor A 368; — in Berlin 374.
Unterraaen 660.
Untersegel 598.
Unterwasserboote 742.
Unterwasserlancierrohr für Torpedos 739.
Unterwasserwaffen 731.
Uruguay, Eisenbahnen in 83.
Ütlibergbahn 106.

Vásárhelyi, Ingenieur 67.
Vauclain (Lokomot.) 220 f.
Vautier, Ingenieur 843.
Vavasseur, Rahmenlafette von A 717.
Venedig, Handel im Mittelalter 16 f., 18, 20 f., 27 f.; — Lagunenviadukt 406; — Rialtobrücke 387; — Schiffbau 594; — Mittelmeerfahrzeug A 595.
Venezuela, Eisenbahnen in 83.
Verbinder an der Lokomotive 219.
Verbrennung mit künstlichem Zuge (Lokomot.) 177.
Verbundlokomotiven 183, 219 f.; — Verbund-Tenderlokomotive nach Günther-Meyer 217, A 216; — Mallets Duplex- A 217; — dreicylindrige 220; — viercylindrige 221; — Schnellzug der Gotthardbahn A 223; — zwölfräderige amerikanische 223, A 226.
Verbundschnellzuglokomotiven: die schnellste der Welt 223, A 222; — der österreich. Staatsbahn 223, A 224; — englische 223, A 225.
Verbund-Tenderlokomotive nach Günther-Meyer 217, A 216.
Verbundwirkung, Lokomotiven mit 219.
Verdampfungsfähigkeit des Lokomotivkessels 173.
Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen 275.
Verein. Staaten von Amerika, Eisenbahnen in den 83; — Fahrgeschwindigkeit 324; — Gepäckbeförderung 326.
Verkehrswesen s. Weltverkehr.
Verladevorrichtung, Kohlen- A 529.
Verona, Burgbrücke bei 387.
Verruga-Viadukt 101, A 103.
Verschießen d. Stöße (Schiffb.) 655.
Verschlußrolle an Weichen 305, A 304.
Verschlußstück an Geschützen 712; — Schraubenverschluß von Armstrongs 20, 3 cm-Schnellfeuerkanone in Wiegelafette 715, A 714; — automatischer Verschluß von Canet für Schnellfeuerkanonen 716, A 715.
Verschlußtafel für Weichensicherung 300, 302, A 301.
Verschublineal eines Stationsblockwerkes A 313.
Vesuvbahn 339 f., 343.
Via Appia 56, A 57.
Viadukt der Grütschalpbahn 340, A 338; — eiserner der Gießbachbahn 341, A 340; — Verruga- 101, A 103; — s. a. Brücken u. B.
Viaur, Thalbrücke über den 112, 401.
Vickers (Panzerplatten) 730.
Vierkuppler (Lokomot.) 216.
Vierwaldstätter See, Axenstraße am 64, A 63.

Vignoles (Eisenb.) 214; — Breitfußschiene A 147.
Viktoria, Eisenbahnen in 84.
Vindelelfven, Brücke über den 400, A 399.
Vineta (Julin) 20.
Violinblöcke (Schiffstakel.) 662.
Vivian (Lokomot.) 186.
Vollgeschosse 722.
Völligkeitskoeffizient (Schiffb.) 629.
Vollschiff 645; — am Winde segelnd A 641; — Seitenansicht eines hölzernen, alle Segel führenden T 659.
Vorboden am Wehr 443.
Vorbramstag (Schiffstakel.) 661.
Vorbrassen, Schiffstaue 661.
Vordernberg-Eisenerzer Bahn 187.
Vorgeschirr (Schiffstakel.) 661.
Vorhäfen 521.
Vorlauf am Vorsteven 651.
Vorschoner, Segelschiff 643.
Vorsegel 643.
Vorsignale (Eisenb.) 277, 284, T 283.
Vorspannlokomotive 172.
Vorsteven (Schiffb.) 651, 681.
Vorstevenholz (Schiffb.) 651.
Vorwecksignale (Blockverfahren) 316.
„Vulkan", Werft in Stettin 615 f., 618.

Wabasch-Eriekanal 478.
Wädenswell-Einsiedelner Eisenbahn 106.
Wagen, amerikanischer elektrischer 72, A 70.
Wagen, Eisenbahn- s. Eisenbahnwagen.
Wagenkuppelung, Eisenbahn- 272; — Sicherheits- A 273.
Wagner (Luxuswagen) 244.
Wales, Festiniogbahn in 92, A 91.
Walwyn, Viadukt von 406.
Wanderfische, Treppen für 449, A 449 f., 451.
Wandern der Gleise 165.
Wanten (Schiffstakel.) 660.
Wärmflaschen in Eisenbahnwagen 250.
Warmwasserheizung in Eisenbahnwagen 252.
Warpanker 663.
„Warrior", Panzerschiff 724, A 621.
Wascheinrichtungen in Eisenbahnwagen 250.
Wasener Schleife (Gotthardbahn) 124, T 125.
Wasserballast bei Seilbahnen 340 f., 343.
Wasserdiligence 420.
Wassergangsplanken (Schiffb.) 655.
Wasserkammern im Schiffe 636.
Wasserkran der preuß. Staatsbahnen 323, A 322; — der Londoner Untergrundbahnen A 323.
Wasserlauf auf eisernen Schiffsdecks 677.
Wasserlinienarealkurve (Schiffb.) A 630.
Wasserlinienriß eines Schiffes 630.
Wasserlinienskala (Schiffb.) A 630.
Wassernehmen der Lokomotiven 322; — Vorrichtung (1860) 323, A 324; — Wasserkräne 323, A 322 f.
Wasserrohrkessel (Schiffsmaschine) 694, 696 f.
Wasserlogg (Schiffahrt) 707.
Wasserstagen (Schiffstakel.) 661.
Wasserstandszeiger an Lokomotiven 181; — an Seeküsten A 570.
Wasserstationen (Eisenb.) 323.
Wasserstraßen 413; — Flußläufe u. Flußschiffahrt 413; — Flußkorrektionen 422; — Flußkanalisierung 428; — Flußhäfen 452; — Schiffahrtskanäle 465; — Seekanäle 494; — Seehäfen 516; — Schiffahrtszeichen 547; — Taucherkunst 571; — Heben u. Bergen verunglückter Schiffe 584.
Wassertiefe in Häfen 523.
Wasserverdrängung eines Schiffes 628.
Watt, James, Ingenieur 36; — Dampfwagen (1784) 69, 184.
Wearmouth, Eisenbrücke bei A 391.
Webb, Ingenieur 220.
Wechselfeuer (Seew.) 565.
Wechselstegblattstoß von Haarmann 152, A 153.
Wegerungsplanken (Schiffb.) 664 f.
Wegesignale (Eisenb.) 283, A 283, T 282.
Wegner, von (Kanalbau) 502.
Wegschranken, englisches Sperrwerk für (Eisenb.) 319, A 320.
Wehre, Fluß- 441; — bewegliche 443; — Nadel- mit Klappenwehr 444, A 445; — Anlage bei Preylen a. d. Elbe 447, A 446; — Cylinder- 448; — Jalousien- 446; — Klappen- A 447; — Trommel- 448, A 447; — Fischwege an 449, A 449 f., 451.
Wehrkörper am Wehr 443.
Weichen 160; — Schlepp- A 160; — Rechts-, Links-, dreifache 160, A 161; — symmetrische 160, A 161; — Kreuzungs- 160, A 161; — Sicherheits- 160, A 161; — einfache, doppelte 300, A 302; — für Zahnbahnen von Abt 167, A 164; — für Seilbahnen von Abt 345, A 346.
Weichenhebel, aufschneidbarer, von Siemens & Halske mit Büssings Drahtspanner 292, 294, A 293.
Weichen- und Signalsicherung 288; — Stellwerke 288; — Hallensignale des Bahnhofs York 288, A 287; — Sicherung einer engl. Abzweigstation A 289; — Signalflügelgruppen 289, A 290; — Stellwerkhaus des Kopfbahnhofes Cannon-Street in London 290, A 291; — englischer Stellwerkhebel mit Verschlußvorrichtung 291, A 292; — aufschneidbarer Weichenhebel von Siemens & Halske mit Büssings Drahtspanner 292, 294, A 293; — Stellwerk in Düsseldorf A 295; — Sicherung einer englischen Gleiskreuzung 296, A 297; — Weichen- u. Signalstellvorrichtung mit Luftdruck u. elektr. Auslösung 297, A 298; — Signalbrücken auf dem neuen Bahnhof zu Boston 298, A 299; — elektrischer Signalantrieb 298, A 300; — Verschlußtafel 300, 302, A 301; — Gleisplan 300, A 301; — einfache Weiche 300, A 302; — doppelte Kreuzungsweiche 300, A 302; — Schema des zweiflügeligen Mastes 300, A 302; — Druckschiene mit Riegel, mit Doppelriegel A 303; — Weichenverriegelung durch das Signal 305, A 304; — Stellvorrichtung eines Mastensignals mit Vorsignal und gleichzeitiger Verriegelung der von Hand gestellten Spitzweiche A 305; — Büssings Spitzenverschluß mit Absicherbolzen 305, A 306; — Weichenstellvorrichtung mit aufschneidbarem Spitzenverschluß u. Drahtrißsperre 306, A 307; — Ausgleichvorrichtung durch Doppelhebel 307, A 308; — Gelenkausgleicher f. Gestänge 307, A 308; — Blockverfahren s. d.
Weichensignale (Eisenb.) 284, T 283.
Weichenstellwerk (Eisenb.) 160.
Weichenturm (Eisenb.) 160, 291.
Weichenverriegelung durch das Signal (Eisenb.) 305, A 304.
Weichenzungen (Eisenb.) 160.
Weichsel, Brücke bei Dirschau über die 393, 399; — bei Fordon 399; — Regulierung 433.
Weichsel-Haffkanal 491.
Weinzettlwand (Semmeringbahn) A 109 f.
Weir (Dampfpumpe) 705.
Wellandkanal 478.
Wellenbrecher 521; — Molo St. Vincenzo zu Neapel A 521.
Wellenklotz (Schiffb.) 651.
Wellenrohr (Schiffb.) 651.
Weltverkehr und seine Mittel 1; — geschichtliche Entwickelung des Verkehrswesens 8; — Landstraßen 55; — Eisenbahnen 75; — Brücken u. Viadukte 379; — Wasserstraßen 413; — Schiffbau 591.
Wengerbremse 261.
Wengernalpbahn A 133; — Spurweite 92.
Werbelliner Kanal 491.
Werften 520, 650; — in Kiel T 520; — kurfürstliche zu Havelberg A 649; — s. d. Rheinau zu Köln A 463.
Weser, Kanalisierung der 438 f.; — Regulierung 430; — Unterweserkorrektion 428 f., 430; — Längenprofil des Flußgebiets A 431; — Schiffbarkeit 423.
Westinghouse-Schnellbremse 258, A 260 f.
Wettingen, Brücke über die Limmat bei 388.
Whitehead-Torpedos 732, 735, A 737 f.
White Star-Dampferlinie 615.
Whitworth, J. (Geschützw.) 710.
Whitworth, Robert, Ingenieur 36.
Wichert (Eisenbahnw.) 252.
Wideneb Lines in London 350.
Widerlager im Brückenb. 381.
Widerstandskoeffizient bei Fahrzeugen 102.
Wiebeking, Ingenieur 388 f.
Wiegelafette 719; — Schraubenverschluß der 20, 3 cm-Schnellfeuerkanone in 715, A 714; — 15 cm-Schnellfeuerkanone von Armstrong in gepanzerter Kasematte mit A 720.
Wien, Handel im Mittelalter 20.
Wiener-Gloggnitzer Lokomotivenfabrik 213.
Wigham (Brenner) 562.
Wikingerschiff A 593.
Wikingerzüge 17.
Wilhelmshaven, Hafen von 520.
Wilke, Ingenieur 405.
Wilkinson (Brückenb.) 390.
Willebroeck, Kanal von 496.
Wilson, Alex. (Panzerplatten) 725.
Winans (Eisenbahnw.) 208.
Windbake A 547.
Winde, Anker- A 657; — Dampfanker- A 657; — Fracht- A 687.
Windreep (Schiffstauw.) 662.
Winkellasche an Eisenbahnschienen 150.
Winkelportalkräne, elektrisch betriebene A 460.
Winkelschiene, Curds gußeiserne 142, A 143.
Winstanley (Leuchtt.) 553.
Winterhäfen 520.
Wippen (Schiffb.) 682.
Wirbelblöcke (Schiffstakel.) 662.
Wisby, Handelsstadt 20.
Wischni-Wolotschok-Kanal 478.
Wittenberge, Brücke bei 389.
Wöhler, Ingenieur 241.
Wolf, Ernest (Dampfmasch.) 612.
Wood (Eisenb.) 195, 198, 269.
Woodbridge (Geschützw.) 714.
Woolf, Arthur (Dampfmasch.) 612.
Woolwich-Geschützrohr A 710.
Woottenkessel (Lokomot.) 175.
Worms, Lagerhaus in A 460.
Worpenwrangen (Schiffb.) 653.
Worsdell (Lokomot.) 220.
Württemberg, Eisenbahnen in 52, 85; — Staatsstraßen 37.

Xertigny, Wiederherstellung des gesprengten Viadukts von (1870) A 412.

Yarrow (Torpedoboot) 741.
Yguassu, Schiffahrt auf dem 420.
York, Hallensignale des Bahnhofs 288, A 287.
Yverdon-St. Croix Bahn 106, 114.

Zaberner Steige 115.
Zahnbahnen 106, 130 f., 163 f.; — Felseinschnitt der Brünigbahn A 96; — Jungfraubahn 99, 100, T 100; Oberbau, Schienenzange, Strubs Zahnstangenweiche 167, A 166; — Stanserhornbahn A 106; — Rigibahn 132, A 131; — Wengernalpbahn A 133; — Längenprofile Abtscher Zahnstangenstrecken inmitten von Reibungsbahnen

Digitized by Google

A 135; — Längenprofile Abtscher Zahnbahnen A 136; — erste elektr. auf d. Mont Salève bei Genf A 137; — Pilatusbahn: Eselspartie, Wolfsschlucht 140, A 138 f.; — Oberbau mit schmiedeeiserner Zahnstange (Mount Washington) 163, A 162; — Oberbaustützen der Zahnbahn Vitznau-Rigikulm 165, A 162; — Entwickelungsformen der Zahnstange 165, A 163; — Abts Weiche 167, A 164; — Zahnstangeneinfahrt 167, A 164 f.; — Zahnbahn von Blenkinsop (1812) A 236.
Zahnradantrieb von Abt A 233; — für Stephensons Lokomotive „Blücher" A 193
Zahnradbahnen s. Zahnbahnen.
Zahnradlokomotive, Geschichte der 227; — von Blenkinsop A 188; — der Brünigbahn A 232; — mit Doppelschwinge der Gornergratbahn A 229; — s. d. Madison-Indianapolisbahn von Cathcart A 227; — der Mount Washington Bahn von Marsh 288, A 227; — viercylindrige mit einarmiger Schwinge der Pikes Peak Bahn 229, A 230; — der Pilatusbahn A 231; — der Rigibahn (1871) 229, A 228; — Abtsche der Bahn Tiszolcz-Zolyom brezo 234, A 235; — Abts Zahnradantrieb A 233; — vereinigte Z. und Reibungslokomotive 232.
Zahnstange, Entwickelungsformen der 165 A 163; — bei Seilbahnen 346.
Zahnstangenbahnen s. Zahnbahnen.
Zahnstangeneinfahrt 167, A 164.
Zangenbremse bei Seilbahnen 168, 347, A 167.
Zapfenplatte (Eisenb.) 157.
Zapfenreibung bei Fahrzeugen 102.
Zeitball (Seew.) 569; — Kaiserkai-Speicher in Hamburg mit A 569.
Zeitblocksystem (Eisenb.) 314.
Zeitverschluß f. Druckschienen (Eisenb.) 304.
Zellensystem im Schiffbau 608, 674; — Doppelboden mit A 674.
Zementieröfen für Panzerplatten A 727.
Zentralbuffer 271; — Kuppelung, selbstthätige 278.
Zentral-Londonbahn 363.
Zentralöler a. Lokomotiven 235.
Zermattbahn 136.
Zeuner (Schiffsmasch.) 702.
Zielapparat, Torpedo- A 740.
Zollkutter 643.
Zollwesen im Mittelalter in Deutschland 22.
Zschokke, Ingenieur 132.
Zschopauviadukt 406.
Zugdienst (Eisenb.) 321; — Wasserkräne 323, A 322 f.; — Vorrichtung zum Wassernehmen während der Fahrt 323, A 324.
Züge in Geschützrohren 712; — Kruppsche Zugform A 712; — Einschneiden der 723.
Zughaken, -stangen an Eisenbahnwagen 273, A 274.
Zugkraft der Lokomotive 169.
Zugsignale (Eisenb.) 284, T 283.
Zugstab (Eisenb.) 319.
Zugvorrichtungen f. Eisenbahnen 271.
Zuladung eines Schiffes 628.
Zulage (Schiffb.) 653.
Zürich, elektr. Straßenbahn in 106.
Zurrung am Bugspriet 660.
Zustimmungsfelder (Blockverfahren) 311.
Zustimmungshebel an Stellwerken (Eisenb.) 295.
Zwangsschienen in Gleisbögen 159, A 160.
Zweibuffersystem 271.
Zweideckschiffe 682.
Zweimastgaffelschoner 643.
Zweischraubendampfer 615.
Zwillingslokomotiven 175.
Zwillingsschleusen 477.
Zwischendecksbalken (Schiffb.) 653.

Digitized by Google

Landstraßen 87, 55; — Straßenbau 55; — Via Appia 56, A 57; — Trajansstraße 58, A 57; — römischer Bohlenweg A 58; — Querschnitt einer Römerstraße 58, A 59; — französischer Straßenunterbau A 61; — Solysbrücke über die Albula am Schynpaß 64, A 62; — Axenstraße am Vierwaldstätter See 64, A 63; — die Schoellenen (Gotthardstraße) 66, A 65; — Stilfserjochstraße 66, A 65; — Profil der Napoleonsstraße 66, A 67; — Széchényistraße A 67; — Klinkerchaussee A 68; — Schieneneinbauung A 68; — gepflasterte L. mit Geleis A 68; — Straßenmotoren s. d.
Landungsanlagen in Häfen 529.
Langensche Schwebebahn 375, A 376.
Langer, Ingenieur 219.
Langkessel der Lokomotive 176.
Langsamfahrsignale (Eisenb.) 282, T 283.
Langschwellen (Eisenb.) 157.
Langschwellen-Oberbau (Eisenb.) 146, 153.
Längshelling (Schiffb.) 650.
Längsjahlings (Seew.) 669.
Längsspanten (Schiffb.) 608.
Längsspantensystem (Eisenschiffb.) 675.
Lartigues Dreischienenbahn 374, A 375; — Lokomotive A 375.
Laschen an Eisenbahnschienen 149 f.
Laschenverbindung (Eisenb.) A 155.
Lastenmaßstab (Schiffb.) A 681.
Lateinisches Segel A 643.
Lateralkanäle 477.
Latowskisches Dampfläutewerk (Eisenb.) 286.
Laufachse an Lokomotiven 211; — Lokomotive mit A 183.
Laufendes Gut der Takelage 661.
Läufer, Schiffstaue 662; — s. Stapellauf 682.
Laufflächen der Eisenbahnräder 270.
Laufwiderstand bei Fahrzeugen 104; — Versuche von Desdonits A 105.
Lausanne, elektr. Straßenbahn in 106.
Laußmann, Ingenieur 218.
Lauterbrunnen-Grütschalpbahn 106, 340, A 337; — Seilgewicht 342; — Steigung 340; — Viadukt 340, A 338.
Lauterbrunnen-Mürren, Oberbau der Drahtseilbahn 168, A 167.
Läutewerke (Eisenb.) 280; — mit Doppelglocke A 280 f.; — Latowskisches Dampf- 286.
Lavaurbrücke 405.
Leader, William, Ingenieur 501.
Lee, Abtrift nach (Seew.) 641.
Lee, Francis (Kanalbau) 472.
Leesegel 598.
Leesegelspieren 660.
Lehighkanal 477.
Lehrgerüst beim Gewölbebau 381, A 383.
Leibhölzer (Schiffb.) 655.
Leibrand, von (Brückenbau) 405.
Leibung im Brückenbau 381.
Leinpfad 452.
Leipzig-Althener Eisenbahn 81.
Leipzig-Dresdener Bahn, Flachschiene der (1837) 146, A 147.
Leitblöcke (Schiffstakel.) 662.
Leiter i. d. Schiffstauwerk 661.
Leitfeuer (Seew.) 566.
Lenkachsen, freie, an Eisenbahnwagen A 241.
Lentze, Ingenieur 393, 508.
Leonardo da Vinci: Kanalschleusen 469.
Leonhardt (Signalw.) 280.
Le Roy-Stone (Hängebahn) 374.
Leslies Schneeschleudermaschine 329, A 328.
Lesseps, Ferdinand von: Panamakanal 515; — Suezkanal 496.
Leuchtbake (Seew.) A 559.
Leuchtfeuer (Seew.) 561.
Leuchttürme 551; — auf Neuwerk 552, A 551; — von Cordouan A 552; — von Eddystone A 553; — Rothesand- 554, A 556 f., 558; — auf Bell Rock 554, A 555; — Leuchtbake A 557; — Kimmung oder Wölbung des Meeres A 561; — parabolische Linse A 564; — parabolischer Spiegel A 564; — Polygonallinse A 564; — von Venmarch-Eckmühl: Linsenapparat (Bienenkorb) 564, A 565; — tauchendes Feuer A 566.
Liderungen an Geschützverschlüssen 715.
Limmat, Brücke bei Wettingen über die 388.
Linienführung im Eisenbahnbau 108; — Lageplan der Semmeringbahn 110, A 108; — Weinzettlwand (Semmeringbahn) A 109 f.; — Thalbrücke über die Kalte Rinne (Semmeringbahn) 110, A 111; — Müngstener Thalbrücke 112, A 111; — Firth of Forth-Brücke A 112; — Britanniabrücke über die Menaistraße 112, A 113; — Führung der Brennerbahn im Schmirner Thal, im Pflerschthal 113, A 114; — einfache Spitzkehre A 115; — doppelte Spitzkehre der Eisenbahnlinie Tanga-Muheja 116, A 115; — Schwarzwaldbahn mit den Triberger Schleifen 118, A 116 f.; — Bahnstrecke über die Sierra Nevada (Trestle Work) 119, A 118; — Schneedach zum Schutze der Eisenbahnen A 119; — Lageplan der Brockenbahn A 120; — Lageplan der strategischen Schwarzwaldbahn 120, A 121; Thalbrücke und Tunnelschlinge A 122; — Georgetown-Schlinge und Überschienung des Hagerman-Passes 122, A 123; — Gotthardbahn: Schleifen u. Schlingen T 124; Kehren i. d. Biaschinaschlucht A 125; Biaschinaschlucht bei Giornico A 126; — Gornergratbahn: Beginn eines Tunnelbaues 130, A 129; fertiges Tunnelportal 130, A 129.
Linienschiffe 620; — Achterschiff eines, mit Kollisionsschott A 679; — „Henry Grace de Dieu" (Modell) 596, A 598; — „Kaiser Friedrich Barbarossa" im Bau A 672; — „Kaiser Wilhelm d. G." T 691; — „Prince Georg" A 623; — „The Queen" 600, A 601; — „The Victory" 708.
Linksweiche 160, A 161.
Linlithgow, Viadukt von 406.
Linse, parabolische, Polygonal-, für Leuchttürme A 564.
Linsenapparat (Bienenkorb) für Leuchttürme 564, A 565.
Linz-Budweiser Eisenbahn 1828, Personentransport der A 78.
Lissabon, Aquädukt bei 383.
List, Friedrich (Eisenb.) 79.
Liverpool, Hafenanlagen von 544; — Güterstationen im Hafengebiet A 87; — Landungsanlage 531.
Liverpool-Manchester-Eisenb. 81, 204; — Bahnhof Liverpool der (1830) A 39; — Bahnhof Edge Hill in Liverpool (1830) A 41; — Ansicht des Chat Moß A 41; — Schienenweg der (1830) A 145; — schmiedeeiserne Fischbauchschiene (1830) A 145; — Olive-Mount-Einschnitt A 205; — Züge (1830—1835) 286 T 236; — älteste Standsignale 275, A 276.
Livesey (Eisenbahnbau) 158.
Livingston (Schiffb.) 603
Lobregat, Teufelsbrücke über den A 386.
Locher, Ingenieur 140, 165.
Locke, Ingenieur 406; — Doppelkopfschiene (Stuhlschiene) A 148; — Stuhlschienenoberbau 155.
Lohse (Brückenbau) 393.
Lokomotive 169; — Schnabel- A 104; — Grundlage für den Bau u. die Wirkungsweise der L. 169; — vierachsige zweigekuppelte Schnellzugs- der preuß. Staatsbahnen mit Drehgestell 169, A 171; — fünfachsige viergekuppelte Güterzug- der preuß. Staatsbahnen 172, A 173; — Umgrenzung der größten zulässigen Breiten- und Höhenmaße der Eisenbahnfahrzeuge A 174; — Umgrenzung des lichten Raumes für die Haupteisenbahnen Deutschlands A 174; — Kessel einer neueren amerikanischen Riesen- 176, A 177; — amerikanische Schnellzugs- (1848) A 178; — Schmalspur-Tender- auf dem Dampfcylinderaufsatz einer amerikan. Riesen- 180, A 179; — Stehbolzen A 180; — explodierte L. A 181; — Ansicht einer ²/₃ Personen- zugleich mit vorderer Laufachse und Außenrahmen A 183; — Geschichte der L. 184; — von Murdock (1784) A 184; — Evans' Dampfmaschine A 185; — Evans' Dampfbagger „Oructor Amphibolus" A 185; — Trevithiks Schwungradl. A 186; verbesserte A 187; — Blenkinsops Zahnradl. A 188; — von Brunton A 189; — von Hedley: erste (1813) 191, A 190; achträdrige (1815) A 191; — von G. Stephenson 193 f., 198, A 193 f., 195 f., 197; — von Hackworth „Royal George" (1827) A 197; — von Séguin A 198, 201; — von R. Stephenson „Rocket" A 199, 201; — von Hackworth „Sanspareil" A 200 f.; — von Braithwaite u. Ericson „Novelty" A 200 f.; — Röhrenkessel A 201; — von Hackworth „Globe" A 202; — von R. Stephenson „Planet" A 203; — Dampftrompete 205, A 204; — Olive-Mount-Einschnitt der Liverpool-Manchester Eisenbahn A 205; — „Stourbridge Löwe" A 206; — von Bury & Co. 207, A 206; — „John Bull" 207; — von Miller „The best friend" 208, A 207; — von Baldwin 208, A 209; — neuere amerik. Schnellzugsl. u. L. aus dem Jahre 1831 208, A 210; — Vorderansicht einer amerik. Schnellzugl. 208, A 211; — von Henschel & Sohn „Drache" 210 A 212; — von Crampton 211, A 212; — Semmering-Konkurrenz- „Wiener-Neustadt", „Seraing" 213, A 213 f.; — Berg- von Fink 214, A 215; — Fairlie- A 215; — Meyers Doppelt-Verbund-Tender- 217, A 216; — Malletsche Duplex-Verbund- 218, A 217; — Schnellzug der Gotthardbahn A 223; — die schnellste der Welt 226, A 222; — Verbund-Schnellzug- der österreich. Staatsbahn 226, A 223; — englische Schnellzug- 226, A 224; — zwölfräderige amerikan. Güterzug- A 225; — elektrische einer Tunnelröhrenbahn A 362; — Zahnradlokomotive s. d.
Lokomotivkessel 176, A 171; — einer neuen amerik. Riesenlokomotive A 177; — Stehbolzen A 180; — explodierte Lokomotive A 181; — für Schiffsmaschinen 696.
Lomme, Segelboot 643.
London, Brücken in: die alte Brücke 385; — Londonbrücke 359; — Southwarkbrücke 391; — Towerbrücke 406; — Eisenbahnen: Plan 86, T 86; — Lageplan der drei unterirdischen Güterstationen A 86; — Seilbahnen 336; — elektrische Tunnelröhrenbahnen 359, A 360 ff; — Untergrundbahnen 349 f., T 86, A 351 ff.; — Buffer A 272; — Stellwerkhaus des Kopfbahnhofes Cannon Street 290, A 291; — mechanisch verschlossenes Doppelsignal (Blockverfahren) A 318; — Schienenstuhl A 155; — Wasserkran A 323; — Sicherheitsweiche 160, A

Digitized by Google

161; — London u. North-Western Eisenbahn: Stuhlschienenoberbau A 156; — Cramptons Lokomotive 211, A 212; — Dockanlagen 544, A 543.
Londoner elektrisches Cab 71, A 70.
Long, Ingenieur 389.
Longridge (Geschützw.) 710, 714.
Lorenzostrom, Kanalisierung 478; — Schiffahrt 419; — Trajektierung von Eisenbahnwagen A 334.
Loschwitz, Schwebebahn bei 378.
Losh, William: Stoßfugenform 151, A 152; — Dampffedern 195; — Speichenräder 268.
Loskiel am Schiff 651.
Lotsenkutter 643.
Loyang, Viadukt von 406.
Lübeck, im Mittelalter 20; — im 17. Jahrh. A 19.
„Lucania", Doppelschraubenschiff 616.
Lucius Vetus (Kanalbau) 471.
Ludwigskanal 491.
Luftdruckbremsen an Eisenbahnzügen 258; — Westinghouse-Schnellbremse 259, A 260 f.
Luftgegendruckbremse an Lokomotiven 228.
Luftheizung in Eisenbahnwagen 251.
Luftsaugebremse f. Eisenbahnzüge 258.
Lüftung in Eisenbahnwagen 253.
Luftwiderstand b. Fahrzeugen 104.
Lugano, San Salvatore-Bahn bei 340.
Luggersegel 648.
Lugsegel A 648.
Luken, Schiffs- 655.
Luppis (Torpedos) 782, 784.
Luvgierige Schiffe 642.
Luxuswagen von Pullmann 242 f., A 244 f.
Luxuszüge 248, A 244 f., 246 f., 249.
Lyon, Rhônebrücke zu 385; — Seilbahn a. d. Croix Rousse bei 339.

Maas, Klappenwehre in der 447.
Mac Adam (Straßenbau) 62.
Macdonaldscher Fischpaß 450, A 451.
Madison-Indianapolisbahn, Lokomotive der A 227.
Madras, Pier bei A 531.
Maffei (Lokomot.) 209; — „Bavaria" 213 f.
Magdeburg, Hafenanlagen zu 464; — Schiffsverkehr 464.
Main, alte Brücke bei Frankfurt über den A 387; — Eisenbahnbrücke bei Mainz A 392; — Kanalisierung 438; — Längenprofil A 440.
Main-Donaukanal 482.
Mainz, Eisenbahnbrücke bei A 393; — Hafenanlagen 464; — Schiffsverkehr 464.
„Majestic", Doppelschraubenschiff 615.
Malaiischen Staaten, Eisenbahnen der 83.
Malakka, Eisenbahnen von 83.
Mallen (Schiffb.) 652.
Mallets Lokomotive m. Verbundwirkung 219 f.; — Duplex-Verbund-Lokomot. 218, A 217.
Malta, Eisenbahnen auf 82.
Man (Luxuswagen) 244.
Man, Eisenbahnen auf 82.
Manchester-Seekanal 501; — Lageplan A 84; — Drehbrücke bei Barton A 501.
Manleon, Marinemaler 596.
Männerkraftwagen 53.
Mannheim, Hafen in 465, 464; — Schiffsverkehr 464.
Mannschaftsraum eines Kriegsschiffes A 690.
Mansard, Baumeister 388.
Mansell-Räder A 269; — Klammerring 271.
Mantelringrohre (Geschützw.) 714.
Mantelrohre (Geschützw.) 714.
„Marceau", Panzerschiff 627, A 624.
Mareilhacys Taucherhelm m. elektr. Lampe 577, A 576.
Marcotty, Ingenieur 219.
Marien-Kanalsystem in Rußland 472 f.
Marine-Artillerie s. Geschütze.
Marktschiffe 420.
Marne-Rheinkanal 481.
Marne-Saônekanal 480.
Mars (Seew.) 659.
Marseille, Hafenanlagen von 542, A 540 f.; — Handelsbedeutung 518.
Marsgut (Schiffstauw.) 661.
Marsh (Zahnbahn) 132, 163; — Zahnradlokomotive 227 f. A 227; — Luftgegendruckbremse 228.
Marshall (Schiffsmasch.) 704.
Marsraaen 660.
Marssegel 598.
Marsstenge (Seew.) 659.
Martesana, Kanal 469.
Martin (Schiffsanker) 663.
Martorell, Brücke von A 386.
Mascaret, Flutwelle 429.
Maschinenkanonen 722; — von Maxim A 721.
Massenausgleich beim Eisenbahnbau 96.
Mastbalken (Schiffb.) 656.
Masten 659; — zusammengebaute A 659; — stählerne 659.
Mastensignale (Eisenb.) 276, 282, T 282; — englisches A 277; — Stellvorrichtung mit Vorsignal u. gleichzeitiger Verriegelung der von Hand gestellten Spitzweiche A 305.
Mastfisch (Schiffb.) 656.
Mastgien (Schiffstakel.) 662.
Mastodon-Lokomotive 209, A 226.
Mastschlingen (Schiffb.) 656.
Mastspur (Schiffb.) 657.
Maudslay (Schiffb.) 607.
Mauritius, Eisenbahnen von 83.
Maxim, Maschinenkanone von 722, A 721.
Mecklenburg, Eisenbahnen in 85.
Mellumbake, hohe 547, A
Menaistraße, Britanniabrücke über die 112, 392, A 113.
Merkpfahl an Gleiskreuzungen 304.
„Merrimac", Panzerschiff 622.
Mersey, Tunnel unter dem 45; — Tiefbahn 362.
Metazentrum eines Schiffes 631.
Mexiko, Eisenbahnen in 83; — Straßenbau im alten 60
Meyer (Schiffseisenbahn) 488. 548.
Meyer, Franz Andreas (Brückenbau) 412.
Meyer-Lokomotive 215, 217, A 216.
Miamikanal 478.
Michigansee, Eisenbahnfähren auf dem 332.
Middendorf (Schiffb.) 646.
Middleton-Kohlenbahn 130.
Midi, Kanal du 471.
Miladi, Ingenieur 406.
Militärischer Brückenbau 412.
Millers Lokomotive „The best friend of Charlestown" A 207.
Miller, Patrick (Schiffb.) 602; — Dampfboot A 601.
Miller-Kuppelung (Eisenb.) 273.
Milliarium aureum 56.
Minen, See- 783; — elektromechanische 783; — Zielapparate 783.
Mirville, Viadukt von 405.
Mississippi, Brücke bei Davenport über den 389; — Brücke bei St. Louis 400; — Regulierung 433; — Kanäle des M.-Beckens 478.
Mississippi-Michigankanal 478.
Mittelkielschwein (Eisenschiffbau) 674.
Mittellandkanal 491.
Mittelmeerfahrzeug (14. Jahrh.) 594, A 595.
Mittelpivotlafette 716; — mit Schutzschild von Krupp A 717.
Mittelstück an Geschützen 712.
Moldau, Brücke bei Prag über die 387; — Kanalisierung 439.
Mole zu Neapel A 521; — in Brunsbüttel A 522.
Möller, Ingenieur 53.
Mönche, Brückenbau der 384.
„Monitor", Turmschiff 626.
Monitors 626; — Brustwehr- 627.
Monklandkanal 484; — geneigte Ebene 488.
Mont Cenis-Bahn 100; — Seilebene 339.
Mont Cenis-Straße 66.
Mont Cenis-Tunnel 128.
Montierung eiserner Brücken 402; — Montagegerüst A 403.
Mont Salève, elektr. Zahnbahn auf den A 137.
Morand, Ingenieur 388.
Morandière (Lokomot.) 220.
Morgan (Schaufelrad) 706.
Morriskanal 477; — geneigte Ebene 488.
Mörser 712, 731.
Mortonsche Patentschleppe 586.
Mosel, Kanalisierung der 438.
Moskau im Mittelalter 26.
Motorfrachtwagen, Daimlerscher A 74.
Motorwagen s. Straßenmotoren.
Mount Washington-Bahn 132, 140; — Oberbau mit Zahnstange 163, A 162; — Zahnrad-Lokomotive von Marsh 228, A 227.
Mozambique, Eisenbahnen von 83.
Mita, Brücke über den 389.
Muldenthalbrücke 112.
Müllroser Kanal 416.
München, Echtersches Wandgemälde im Staatsbahnhof zu A 75.
Munderkingen, Donaubrücke bei 405.
Müngstener Thalbrücke 112, 400, A 111; — Zulage des großen Bogens T 400.
Munitionsaufzüge auf Schiffen 686.
Munitionstransport in Kriegsschiffen 720.
Muntzmetallbeschlag f. Schiffe 657.
Murdocks Dampfwagen A 184.
Murray, Ingenieur 188.
Murray, austral. Fluß 420; — Aufzugbrücke über den 406, A 408.
Muys, Zimmermeister 469.

Nachtmarken (Seew.) 547.
Nachttaucher 576 A 574.
Nadellehne am Wehr 444.
Nadelwehr 444, A 445.
Näff, Ingenieur 134.
Napier (Schiffb.) 648.
Napoleon I., Straßenbau unter 63 f., 66; — Profil der Napoleonsstraße 66, A 67.
Napoleonskanal 480.
Natal, Eisenbahnen in 83.
Natronfüllungsheizung im Eisenbahnwagen 251.
Navigationsakte 29.
Neapel, Molo San Vincenzo zu A 521.
Nebelhorn 568.
Nebelsignale (Eisenb.) 286.
Nebelwärter (Eisenb.) 286.
Nebengleise (Eisenb.) 292.
Neuburg, Donaubrücke zu 389.
Neufahrwasser, Leuchtturm von 563.
Neufossé, Kanal de: Hebewerk 485, 490.
Neufundland, Eisenbahnen in 83.
Neuguinea, Feldbahn mit Handbetrieb in A 93.
Neuilly, Seinebrücke von 388.
Neuseeland, Eisenbahnen in 84; — Leuchttürme 557.
Neusüdwales, Eisenbahnen in 84.
Neuwerk, Leuchtturm auf 552, A 551.
Neville, Ingenieur 201.
Newcastle-on-Tyne, Holzbahn im 17. u. 18. Jahrh. zu A 142.
New York aus der Vogelschau T 544; — East Riverbrücke 394; — die neue East Riverbrücke A 401; — Washingtonbrücke über den Harlemfluß 400; — Hafenanlagen 544, A 545; — Kaimauer auf Pfahlwerk mit Steinschüttung A 457; — Leuchtturm 551; — Hochbahnen 369, A 370 f.
New York-Eriebahn, Brücke der 389.
Niagarabrücken 393, 401; — der Michigan-Zentralbahn 399, A 397.
Nicaraguakanal 515.
Nickelstahlpanzerplatten 727, A 728.
Niederholer, Schiffstau- 662.
Niederlande, Handel der, im 16. Jahrh. 28.
Niederneuendorfer Kanal 491.
Nienburg (Flußregul.) 431.
Nieten, versenkte (Eisenschiffb.) 668.
Nietmaschinen, hydraulische (Eisenschiffb.) A 670.

Nietung beim Brückenbau 402; — im Eisenschiffbau 666, 668.
Nil, Schiffahrt auf dem 413, 420.
Nilkanal 12.
Nimes, Viadukt von 406.
Nippflut 425.
Nixon (Eisenbahnbau) 144.
Nocken an der Raa 660.
Nockgordings (Schiffstakel.) 662.
Nocktakel (Schiffstakel.) 662.
Nordamerika, Kanäle in 476.
Norddeutscher Lloyd 614 f., 616, 618.
Nordenfelt (Geschützw.) 720.
Nord-Ostseekanal s. Kaiser Wilhelmkanal.
Normalanker A 663.
Normalspurbahnen 91.
Normand (Schiffb.) 680, 741.
Normannen, Schiffbau der 592; — Wikingerschiff A 593.
Norris, Ingenieur 208; — Schienenstoß 151.
Norwegen, Eisenbahnen in 82; — Spurweite 92; — Kanäle 474.
Nottekanal 491.
Nowgorod im Mittelalter 26.
Nürnberg-Fürther Eisenbahn 79; — Eröffnung am 7. Dez. 1835 A 80; — Schienenbefestigung (1835) A 146; — Oberbau (1835) A 146.
Nußdorfer Spitz (Donau), Schleuse am 442, A 440.

Oberbau im Eisenbahnbau 141; — Holzbahn in einem deutschen Bergwerk des 16. Jahrh. A 141; — Holzbahn zu Newcastle-on-Tyne im 17. u. 18. Jahrh. A 142; — Reynolds' gußeiserner Schienenbelag A 142; — Currs gußeiserne Winkelschiene 142, A 143; — Currs Schienenweg 142, A 143; — Jessops gußeiserne Pilzschiene A 143; — Jessops gußeiserne Fischbauchschiene auf Steinwürfelunterlage 143, A 144; — Berkinshaws gewalzte und gearbeitete Schiene 144, A 145; — schmiedeeiserne Fischbauchschiene u. Schienenweg der Liverpool-Manchester Eisenbahn (1830) A 145; — Schienenbefestigung, Oberbau der Nürnberg-Fürther Bahn (1835) A 146; — Flachschiene der Leipzig-Dresdener Bahn (1837) 146, A 147; — Stevensche Breitfußschiene 146, A 147; — Vignoles' Breitfußschiene A 147; — Schiene der preußischen Staatsbahnen (1885) A 147; — Sandbergs Goliathschiene A 147; — Schienenstoß für Brückschienen 147, A 148; — Strickland-(Brunel-)Schiene 147, A 148; — Barlows Sattelschiene A 148; — Adams Trägerschiene A 148; — Lockes Doppelkopfschiene (Stuhlschiene) A 148; — Ochsenkopfschiene 149, A 148; — Schienenstoß 149; — schwebender Schienenstoß von Adams 149, A 150; — Stoß im Betrieb A 150; — verschiedene Stoßformen 151, A 152; — Haarmanns Wechselstegblattstoß 152, A 153; — Stoßbrücke (1849) 152, A 153; — Stoßfangschiene A 153; — Gleisbau 153; — Hakennagel, Schienenschraube A 154; — Laschenverbindung A 155; — Schienenstuhl A 155; — abgenutzter Schienenstuhlnagel A 156; — Holzdübel für Schienenstühle A 156; — englischer Holzdübel mit Eisennagel A 156; — Stuhlschienenoberbau (1890) A 156; — Schienenbefestigung durch Hakenplatte u. Klemmplättchen A 157; — Hartwichs Schwellenschiene 158, A 157; — Haarmanns Straßenbahn-Oberbau mit Schutzschiene 158, A 157; — Rillen- oder Phönixschiene für Straßenbahnen 158, A 157; — Greaves' Glockenunterlagen A 158; — Zwangsschiene in Gleisbögen A 160; — Schleppweiche (1835) A 160; — verschiedene Weichen A 161; — Oberbau der Zahnbahn Mount Washington 163, A 162; — Oberbaustützen der Zahnbahn Vitznau-Rigikulm 163, A 162; — Sonderheiten im Oberbau der Steilbahnen 163; — Entwickelungsformen der Zahnstange 165, A 163; — Abts Weiche für Zahnbahnen 165, A 164; — Zahnstangeneinfahrt 167, A 164 f.; — Jungfraubahn: Oberbau, Schienenzange, Strubs Zahnstangenweiche 167, A 166; — Schienen- u. Zangenbremse der Stanserhornbahn 168, A 167; — Drahtseilbahn Lauterbrunnen-Mürren 166, A 167.
Oberbramraaen (Seew.) 660.
Oberbramstenge (Seew.) 659.
Oberhaupt an der Schleuse 470.
Oberländerhafen 520.
Oberländischer Kanal 482.
Oberliek eines Segels 662.
Obermarsraaen 660.
Oberreling (Schiffb.) 656.
Oberwagenlaternen (Eisenb.) 284, T 283.
Obnekowsche Stahlwerke 730.
Obry (Torpedowesen) 738.
„Oceanic", Schnelldampfer 616, 672, 681 f., 683; — vor dem Stapellauf A 683.
Ochse als Zugtier 5.
Ochsenkopfschiene 149, A 148.
Oder, Kanalisierung der 435; — Staustufe bei Konty A 440; — Durchstich bei Januschkowitz A 441; — Schiffahrt 416, 418.
Oder-Spreekanal 461, 490, 492.
Odessa, Hafenanlagen von 538.
Oginskikanal 472 f.
Ohiobrücke bei Cincinnati 393.
Ohiokanal 478.
Ohrhölzer (Schiffb.) 652.
Oiekanal 481.
Oldenburg, Eisenbahnen in 85.
„Oldenburg", Panzerschiff 726.
Oldham (Schaufelrad) 706.
Olive-Mount-Einschnitt der Liverpool-Manchester Eisenbahn A 205.
Ölschiffe 461.
Olten, Aarebrücke bei 399.
Omnibus 52.
Oranje-Freistaat, Eisenbahnen im 88.
Ordinarischiffe 421.
Oructor Amphibolus von Evans A 185.
Osnabrücker Stahlwerk, Schmalspurbahn des 94.
Österreich-Ungarn, Eisenbahnen in 46, 78, 82, 85; — Fahrgeschwindigkeit 325; — Personenverkehr 326; — Verbund-Schnellzuglokomotive 223, A 224.
Ostia, Hafen 517.
Ostsee-Hammekanal 491.
Ostsee-Schwarzes Meer-Kanal 473.
Oswego-Blackflußkanal 477.
Ouchy-Lausanne-Seilbahn 339 f., 345.
Ovalkessel (Schiffsmasch.) 695.

P. & O. Company (Dampfschiffahrt) 607.
Pacificbahnen 106, 109, 117, 119; — Solanofähre der Zentral-P.-B. 333, A 334; — Pecos-Thalbrücke der Süd-P.-B. 390.
Paderno, Addathalbrücke bei 400.
Paixhans (Artill.) 620, 709.
Palästinafahrten im Mittelalter 17.
Pallakopas, Kanal 423.
Palmer (Hängebahnen) 374.
Palu-d'Avepres, Viadukt von 406.
Panamakanal 518.
Pandangbahn, Lokomotiven der 233.
Panzerdeckkreuzers, Querschnitt eines 676.
Panzerkreuzer 627; — „Fürst Bismarck" 627, A 624; — auf Helgen zum Stapellauf bereit A 685.
Panzerplattenbearbeitungswerkstatt in Sheffield A 729.
Panzerplattenwalze A 726.
Panzerplattenzementierofen A 727.
Panzerschiffe, Einführung der 621, 709; — Hauptspant eines A 675; — Konstruktionsriß T 680; — Typen A 622, 624, T 629; — „Alexandra" 626, A 622; — „Black Prince" 724, A 621; — „Charlemagne" 627, A 624; — „Devastation" 627, A 622; — „Fürst Bismarck" 627, A 624, 685; — „Gloire" 621, 724; — „Inflexible" 627, A 622; — „Marceau" 627, A 624; — „Merrimac" 622; — „Monitor" 626; — „Oldenburg" 726; — „Poltawa" 627, A 623; — „Powerfull" 627, A 625; — „Preußen" 626, A 622; — „Prince George" 627, A 623; — „Royal-Soverign" 627, A 622; — „Tegetthoff" 626, A 622; — „Terrible" 627, A 624; — „Terror" 626, A 622; — „Warrior" 724, A 621.
Panzertürme auf Schiffen 717; — Hauptspant des Turmschiffes „Preußen" mit A 718; — von Armstrong A 718; — von Gruson 731, A 730.
Panzerung von Schiffen s. Schiffspanzer.
Papierrad von Allen A 269.
Papin (Dampfschiffahrt) 421, 602.
Parabolische Linse, Spiegel f. Leuchttürme A 564.
Paraguay, Schiffahrt auf dem 419.
Paraguay, Eisenbahnen in 88.
Parallelträger (Brückenbau) 393.
Paraná, Schiffahrt auf dem 419.
Paranahyba, Schiffahrt auf dem 420.
Pardunen, Stenge-(Schiffstakel.) 660.
Paris, Arcolebrücke in 399.
Passagierdampfer, Größenverhältnisse der (1887—1897) 618, A 617.
Passagium 17.
Patentanker A 663.
Patterson, Ingenieur 63.
Pauli (Brückenbau) 393.
Paulitschky-Schneebagger 331.
Pecos-Thalbrücke 390.
Peerde im Schiffstauwerk 661.
Pegeltürme im Kaiser Wilhelmkanal 509.
Pelletan (Blasrohr) 199.
Penmarch-Eckmühl, Linsenapparat des Leuchtturms von 564, A 565.
Penn (Schiffsmasch.) 613; — Doppeltrunkmaschine A 699.
Pennsylvanien, Kanalsystem von 477.
Pernarthwehr, Fischtreppe am A 449.
Perpendikel eines Schiffes 629.
Perronet, Ingenieur 63, 388.
Perry, John, Ingenieur 472.
Perser, Brückenbau der 388; — Handel 12; — Straßenbau 56.
Persien, Eisenbahnen in 88.
Personenverkehr auf Eisenbahnen 326.
Personenwagen s. Eisenbahnwagen.
Personenzuglokomotive, Ansicht einer ²/₃, mit vorderer Laufachse u. Außenrahmen A 183.
Peru, Eisenbahnen in 42, 88, 100 f.; — Verruga-Viadukt 101, A 103; — Seilebene der Südbahn 339; — Straßenbau im alten 60.
Pest-Waitzener Eisenbahn 81.
Peter d. G., Kanalbauten unter 472.
Peter von St. Mary, Baumeister 355.
Petersberg (Siebengebirge), Zahnbahn auf den 137.
Petersburg-Krasnoje-Seloer Eisenbahn 81.
Petersburg-Kronstadter Kanal 512, A 513.
Petra, Handelsstadt 10.
Petroleumlampe, amerikan., für Eisenbahnwagen 253, A 254.
Petroleum-Tankdampfer, Schottensystem in 680.
Petroleumverladung auf Schiffen 461.
Peutingersche Tafel 60.
Peymann, von (Kanalb.) 502.
Pfahlmasten 660.
Pfahlrost, Kaimauer auf 459, A 458.

Pfeife, Dampf-, an Lokomotiven 204, 277, 285; — s. Schiffahrtssignale 568.
Pferd, elektrisches, s. Schiffszug 494.
Pferde im Schiffstauwerk 661.
Pferdebahnen 53.
Pflerschthale, Führung der Brennerbahn im 113, A 114.
Pharus, Leuchtturm auf 517, 552.
Philadelphia, Brücke über den Schuylkill bei 389.
Phönixschiene für Straßenbahnen 158, A 157; — von Adams 158.
Phönizier, Handel der 10; — Schiffbau 592; — Seehäfen 516; — Straßenbau 55.
Pickfall (Schiffstauwerk) 662.
Pier bei Madras A 531.
Pikes Peak-Zahnbahn 101, 140; — Lokomotive 229, A 230.
Pilar-Bahia-Seilbahn 106, 340.
Pilatusbahn, Eselspartie, Wolfsschlucht der 140, A 138 f.; — Lokomotive A 231; — Seilebene 339.
Pilgerfahrten nach Palästina im Mittelalter 17.
Pilzschiene 145; — von Jessop A 143.
Pinassen 663.
Pinne am Steuerruder 645, 658.
Pintsch, Jul. (Gasbeleucht.) 254; — Gasboje 551, A 550.
Piräus, Hafen 517.
Pisa, Handel im Mittelalter 16, 20 f.
Pivotbolzen (Schiffslafette) 716.
Plankengänge (Schiffb.) 655; — verlorene 655.
Platen, von (Kanalbau) 474.
Plattengänge (Eisenschiffb.) 676; — verlorene 676.
Plattenspanten (Eisenschiffb.) 675.
Plattenstrake (Eisenschiffb.) 676.
Plattformwagen mit Drehgestellen 262, A 263.
Plauescher Kanal 417, 482, 491.
Pneumatischer Getreideheber A 462; — Tunnelbau T 581.
Pockholz (Schiffb.) 613.
Polhemschleuse 473 f.
Poller in Häfen 525.
Polonceau, Ingenieur 67.
Polsterung s. Eisenbahnwagen 249, A 250.
„Poltawa", Panzerschiff 627, A 623.
Polygonallinse f. Leuchttürme A 546.
Poncelet (Eisenbahnb.) A 158.
Pondichery, Eisenbahnen von 83.
Pons Älius 380; — Cestius 380; — Fabricius 380; — Sublicius 379.
Pontaillac, Leuchtturm von 557.
Pontons 584.
Pontonbrücken 410.
Poop (Schiffb.) 682.
Portage-Thalbrücke A 389.
Porte chaise 52, A 51.
Portens-Gemeinden 64.
Portreanker 663.
Porto, Durobrücke bei 400.
Portugal, Eisenbahnen in 82; — Handel im 16. Jahrh. 27; — Schiffbau 595; — Karavellen A 596 f.
Post von Beirut nach Damaskus 46, A 48.
Poststraßen im Gebirge 115.
Postwagen, elektrisch betriebener A 73.
Postwesen, römisches 59.
Postzüge 321.
„Powerfull", Kreuzer 627, A 625.
Prag, Brücke bei 387.
Preece (Eisenb.) 315.
Prellpfähle in Häfen 525.
Preßkohlenheizung in Eisenbahnwagen 251.
Pretzien a. d. Elbe, Wehranlage bei 447, A 446.
Preußen, Eisenbahnen in 82, 85; — Fahrgeschwindigkeit 324 f.; — fünfachsige vierquppelte Güterzuglokomotive A 178; — Laschenverbindung A 155; — Schiene A 147; — vierachsige zweigekuppelte Schnellzuglokomotive A 171; — Sprengringbefestigung A 271; — gepolsterter Wagen 249, A 250; — Wasserkran 328, A 322; — Kanäle 481 f.; — Landstraßen 87.
„Preußen", Turmschiff 626, A 622; — Hauptspant mit Panzerturm A 718.
Primärbahnen 90.
„Prince George", Citadellschiff 627, A 623.
Probebelastung, Brücke zusammengebrochen bei der 401, A 402.
Propeller s. Schaufelrad, Schiffsschraube.
Prüsmann (Lokomot.) 177.
Pruth, Brücke bei Jaremecze über d. 405, A 404.
Ptolemäern, Seewesen unter den 592.
Pullmannsche Luxuswagen 243 f., A 244 f.
Pumpen auf Dampfschiffen 705.
Pumpenbagger 537, A 538.
Pumpspill A 657.
Puppenblöcke (Schiffstakel.) 622.
Purkinje (Kabelbahnen) 336.
Purves (Flammrohre) 695.
Püttingsschienen (Schiffb.) 657.

Quarterdeckschiffe 682.
Queensland, Eisenbahnen in 84.
Quentin, St., Kanal von 480 f.
Querhelling (Schiffb.) 611; — Stapellauf auf A 650.
Quersahlings (Seew.) 659.
Querschotte (Schiffb.) 678.
Querschwellen-Oberbau (Eisenb.) 153.
Quersegel-Karavelle (15. Jahrhundert) 596, A 597.
Querspantensystem im Eisenschiffbau 673; — Doppelboden mit A 674.

Raaen 660.
Raaschiffe 660.
Raaschoner, Segelschiff 643, A 644.
Raasegel 643, 660.
Raatakel 660.
Rack (Schiffstakel.) 660.
Rackketten (Schiffstakel.) 660.
Raddampfer, Einführung der 602.
Räder, Eisenbahn- s. Eisenbahnräder.
Räderschiffsmaschine 702, A 701; — schrägliegende Compound- A 702; — Balancier- 702, A 703.
Radlenker einer Weiche 160, A 161.
Radreifen für Eisenbahnräder 269.
Rahmenlafette von Armstrong mit Lamellenbremse A 716; — von Vavasseur 715, A 717.
Rahmenspanten (Eisenschiffb.) 675.
Rainhill, Lokomotivenschlacht bei 202.
Rainwege 81.
Raleigh, Sir Walter (Schiffbau) 599.
Rammbug der Schlachtschiffe 626.
Rammstoß der Schlachtschiffe 626.
Ramsbottom (Eisenb.) 323.
Randsomholz (Schiffb.) 653.
Rangiersignale (Eisenb.) 286.
Ranke Schiffe 631.
Rantine (Schiffb.) 645.
Raperten (Schiffsgeschützw.) 708.
Ratho, Viadukt von 406.
Ratsche (Sperrrad) 184.
Raubritterwesen 23.
Rauchkammer s. d. Lokomotive 176.
Rauchplage der Lokomotiven 210.
Raum, lichter (Eisenbahnw.) 174.
Raumblockung (Eisenb.) 314.
Raydt (Hebung gesunk. Schiffe) 590.
Raz-Tina, Leuchtturm von 560.
Read, Dampfwagen von 70.
Read, Nathan (Röhrenkessel) 200.
Reaktionsmaschinen (Schiffsmasch.) 699, 702.
Receiver a. d. Dampfmaschine 219, 612.
Rechtsweiche 160, A 161.
Reede 520.
Reep am Steuerruder 658.
Reffen der Segel 661.
Refftakelsegel (Schiffstakel.) 662.
Refftalje, Schiffstau 662.
Reffzeisinge, Schiffstaue 662.
Regensburg, Brücke bei 387; — Handel im Mittelalter 20.
Regnitz, Brücke zu Bamberg über die 389.
Reibhölzer in Häfen 525.
Reibung der Lokomotivräder 170.
Reibungsbahnen 102.
Reibungsbremsen 261.
Reibungslokomotiven 183; — mit Zahnradl. vereinigt 232.
Reiferts Zughaken A 273.
Reihenfahrt (Flußschiff.) 417.
Reisegeschwindigkeit d. Eisenbahnzüge 321.
Reisen zu Pferde 11.
Relingleiste (Schiffb.) 656.
Relingstützen (Schiffb.) 656.
Remscheid, elektr. Straßenbahn in 106.
Rennie, Ingenieur 36, 391, 519.
Rennie, J. & G. (Schiffsmasch.) 605.
Ressel, Joseph (Schiffsschrbe.) 605; — Porträt A 604.
Rettungsboote 664; — Francis' Patentrettungsboot A 665.
Reuleaux, Techniker 134.
Réunion, Eisenbahnen von 83.
Revolverkanone A 721.
Reynolds außeiserner Schienenbelag A 142; — geneigte Ebene 483.
Rhein, Brücken über den: bei Bonn A 400; — von Cäsar 379; — bei Düsseldorf 401; — bei Koblenz 399; — bei Köln 393; — bei Schaffhausen A 388; — Eisenbahnfähren 333; — als Handelsstraße im Mittelalter 22; — Regulierungsarbeiten 436; — Schiffahrt 415, 418.
Rhein-Marnekanal 491.
Rhein-Rhônekanal 491.
Rhinkanal 491.
Rhodus, Hafenanlagen von A 518; — Koloß 518, 551.
Rhône, Brücke bei Avignon 385 f., A 385; — zu Lyon 385; — Schiffahrt 415.
Rhône-Cette-Canal, Wehr im 448.
Rhyndacus, Brücke über den 383.
Richtplatten (Eisenschiffb.) 667, A 668.
Ricour, Ingenieur 104.
Riegelrolle an Weichen 305, A 304.
Riegeltopf für Spitzweichen (Eisenb.) 304, A 305.
Riehn (Schiffb.) 646.
Riesenkran s. Kanalbauten 478, A 479.
Riga, Handel im Mittelalter 26; — Leuchtturm bei 557.
Riggenbach, Zahnbahn 132 f., 135, 165; — Lokomotive 229, A 228.
Rigibahn 130, 132, 140; — Ansicht A 131; — Oberbaustützen 165, A 164; — Lokomotive v. Riggenbach 229, A 228.
Rillenschiene für Straßenbahnen 158, A 157; — von Adams 158.
Rillenwege 141.
Rimrottsche Lokomotiven 218.
Ringrohre (Geschützw.) 714.
Ringstück an Geschützen 712.
Rio Grande-Eisenbahn 119; — Georgetown-Schlinge u. Überschienung des Hagerman-Passes 119, A 124.
Riquet, Paul, Ingenieur 471.
Ritter, Zimmermstr. 388.
„Robert Stockton", Dampfschiff 607.
Robertson, Ingenieur 406.
Robertson, John (Schiffb.) 604.
Robison, Physiker 69, 184.
Röbling (Brückenb.) 393 f.
Rodman (Geschützw.) 709.
Röhrenbahnen s. Tunnelröhrenbahnen 361.
Röhrenkessel 198, 200; — älteste A 201.
Rollbrücken (Kanalw.) 406, 483; — chinesische A 482.
Rollen des Schiffes 635.
Rollwiderstand b. Fahrzeugen 102.
Rom: Engelsbrücke 380; — Hafenanlagen im alten 517.
Römer, Brückenbau der 380; — Kanalbauten 466; — Seehäfen 517; — Straßenbau 56; — Via Appia 56, A 57; — Trajansstraße 58, A 57; — Bohlenweg A 58; — Querschnitt einer Römerstraße 58, A 59; — Transportmittel 7; — Verkehrswesen 11.
Röntgen, G. M., Ingenieur, 220, 612.

Digitized by Google

Rostfläche in Lokomotiven 178.
Rostock-Güstrowkanal 492.
Rothenburg ob der Tauber A 25.
Rothesand-Leuchtturm 554, A 556 f., 558.
Rotterdams Kanalverbindung mit dem Meere 492.
Rottflußbrücke bei Schärding 389.
Rouen, Hafen von 430.
Rouquayrol (Taucherk.) 574.
Royalraaen 660.
„Royal Sovereign“, Citadellschiff 627, A 622.
Royalstenge (Seew.) 659.
Rücklauf des Dampfschiffes 707.
Rücklaufbremse an Lafetten 719.
Ruder am Schiff 645; — Schwerpunkt A 645; — s. Steuerruder.
Ruderfingerlinge am Steuerruder 658.
Ruderherz am Steuerruder 658.
Ruderkoker (Schiffb.) 652.
Ruderkopf am Steuerruder 658.
Ruderösen am Steuerruder 658.
Ruderpfosten am Steuerruder 658.
Ruderpinne am Steuerruder 658.
Ruderscheren am Steuerruder 658.
Ruderstamm am Steuerruder 658.
Ruderstevens (Schiffb.) 651.
Rudyerd, John (Leuchtt.) 553.
Ruhrort, Hafen in 455, 462.
Rumänien, Eisenbahn in 82.
Rumsay (Schiffb.) 421, 602.
Rundgatt (Schiffb.) 653.
Rundkeilverschluß an Geschützen 716.
Rüppell (Eisenb.) 152, 288.
Ruppiner Kanal 491.
Russel, Scott (Schiffb.) 508, 645, 648.
Rußland, Eisenbahnen in 46 f., 82, 85; — Fahrgeschwindigkeit 324; — Personenverkehr 326; — Spurweite 92; — sibirische Bahn 46, 83, A 47; — transkaspische Bahnen 46, 83; — Kanäle 472.
Rüstanker 663.
Rüsten (Schiffb.) 657.

Saale, Schleusen in der 482.
Saanebrücke bei Freiburg 392.
Saarkohlenkanal 443, 480, 491; — Längenprofil (Schleusentreppe) 478 A 469.
Sabäerreich 8.
Saccardo, Ingenieur 212.
Sachsen, Eisenbahn in 82, 85; — Staatsstraßen 37.
„Sachsen“, Ausfallpanzerkorvette, Hauptspant d. A 677; — Panzerung A 725.
Sablings (Seew.) 659.
Saida, Meerschloß zu 517, A 516.
Sailany, Ingenieur 399.
Salinenkanal 491.
Salonwagen, englischer 244, A 243.
Salvatore, San, Seilbahn auf den 340, 345, A 344.
Salzburg, Tunnel „Neuthor“ in 128.
Samuel (Lokomot.) 220.
Sandbergs Goliathschiene A 147.
Sandstreuer f. Eisenbahnzüge 170.
Sandwichsystem i. d. Schiffspanzerung 725.
Sänften 52.
Sangho, Hängebrücke 379.
Sarai, Handelsstadt 26.
Sattelschiene von Barlow A 148.
Sault Saint Mary, Stromschnellen bei 478.
„Savannah“, Dampfschiff 604.
Savery, Physiker 69.
Saxby (Eisenb.) 288.
Scaphanderapparat (Taucherkunst) 574.
Scarpe, Schiffsverkehr auf der 481.
Schaarhörnbake 547, A 548.
Schächte, Taucher- 578; — von Hersent 579, A 577.
Schachtschleuse 470.
Schaffhausen, Rheinbrücke bei A 388.
Schäkel an Ankerketten 663.
Schaluppe 643.
Schandeckel (Schiffb.) 656.
Schanzkleid (Schiffb.) 656, 677.
Schärding, Rottflußbrücke bei 389.
Scharrer, J. (Eisenb.) 79.
Schaufelräder an Dampfschiffen 705; — von Ericsson A 608.
Schebeckfegel A 643.
Scheffers Schwellenschiene 158.
Scheibenräder, Eisenbahn- 268, A 267, 269.
Scheibgatten (Schiffb.) 660, 662.
Scheinwerfer auf Schiffen 742.
Schellkopfnieten (Eisenschiffb.) 668.
Schergang (Eisenschiffb.) 677.
Schergangsplanken (Schiffb.) 655.
Schichau (Schiffb.) 741.
Schieb.lokomotive 172.
Schiebepontons 584.
Schiemannsgarn 661.
Schienen, Eisenbahn- 143; — Ausgleich- 151; — Breitfuß- von Stevens 146, A 147; — Breitfuß- von Vignoles A 147; — Brück-, Strickland-, Brunel- 147, A 148; — Dicksteg- 152; — Doppelkopf- (Stuhl-) von Locke A 148; — Druck- A 303; — gußeiserne Fischbauch- von Jessop 143, A 144; — schmiedeeiserne Fischbauch- (1830) A 145; — Flachschiene (1837) 146, A 147; — Führungs- 159, A 160; — gewalzte u. gearbeitete von Berkinshaw 144, A 145; — Goliath- von Sandberg A 147; — Herkules- 158; — Ochsenkopf- 149, A 148; — Phönix- 158, A 157; — Pilz- 145; — Pilz- von Jessop A 148; — der preußischen Staatsbahnen (1885) A 147; — Rillen- 158, A 157; — Sattel- von Barlow A 148; — Schutz- für Straßenbahnen 158, A 157; — Schwellen- von Haarmann 158; — Schwellen- von Hartwich A 157; — Schwellen- von Scheffler 158; — Steg- 152; — Stoßfang- A 153; — Stuhl- 155; — Träger- von Adams A 148; — gußeiserne Winkel- von Curr 142, A 143; — Zwangs- 159, A 160.
Schienenbefestigung (1835) A 146; — durch Hakenplatte und Klemmblättchen A 157.
Schienenbelag, gußeiserner, von Reynolds A 142.
Schienenbremse (Seilbahn) 168, A 167.
Schieneneinbauung in einer Landstraße A 68; — gepflasterte Landstraße mit Geleis A 68.
Schienenreibung 170.
Schienenschraube A 154.
Schienenstoß für Brückschienen 147, A 148; — fester, ruhender 149; — schwebender 149, A 150; — Stoß im Betrieb A 150; — Falkscher 151; — Norrisscher 151; — Stoßfugen 151; — Stoßfugenformen 151, A 152; — Haarmanns Wechselsteg-blattstoß 152, A 153; — Stoßbrücke 152, A 153; — Stoßfangschiene A 153.
Schienenstuhl A 155; — Holzdübel für A 156; — englischer A 156.
Schienenstuhlnagel, abgenutzter A 156.
Schienenübergänge, Sicherung der 319; — englisches Sperrwerk für Wegschranken 319, A 320; — englischer Gleisübergang 319, A 320.
Schienenüberhöhung 159.
Schienenweg von Curr 142, A 143; — der Liverpool-Manchester Eisenbahn (1830) A 145.
Schienenzange der Jungfraubahn 167, A 166.
Schiffahrtskanäle 465; — Lageplan des Bridgewater-, des Manchester-Kanals u. d. Eisenbahn A 84; — Kaiserkanal in China 8, 466, A 7; — Plan von Soutscheou A 467; — Längenprofil des Saarkohlenkanals A 469; — Kammerschleuse 469, A 470; — Schleuse mit 10 m Hubhöhe im Kanal von St. Denis A 471; — Bandakkanal in Telemarken 474, A 475; — Brownsche Hebewerke zum Ausheben des Chicagokanals 478, A 477; — Riesenkran zum Ausheben des Chicagokanals 478, A 479; — Drahtseilbahn für den Bau des Chicagokanals 478, A 479; — chinesische Rollbrücke 483, A 482; — die geneigte Ebene bei Elbing A 483; — Dodgeschleuse bei Georgetown A 484; — Hebewerk bei La Louvière 485, 490, A 486; — Hebewerk bei Henrichenburg 485, 488, A 486 f., 489; — Schleuse des Biwa-Kanals 492, A 493; — elektrischer Schiffszug 494, A 493.
Schiffahrtszeichen 547; — Windbake A 547; — Schaarhörnbake 547, A 548; — hohe Mellumbake 547, A 548; — Ansegelungstonnen A 549; — eiserne Glockenboje A 549; — Heulboje A 550; — Gasboje A 550; — Leuchttürme: auf Neuwerk 552, A 551; — von Cordouan A 552; — von Eddystone A 553; — auf Bell Rock 554, A 555; Rothesand-Leuchtturm 554, A 556 f., 558; — Leuchtbake A 559; — Kimmung oder Wölbung des Meeres A 561; — parabolische Linse A 564; — parabolischer Spiegel A 564; — Polygonallinse A 564; — Linsenapparat (Bienenkorb) des Leuchtturms von Penmarch-Eckmühl A 565; — tauchendes Feuer A 566; — Feuerschiff A 567; — Dampfsirene zu Bülk 569, A 568; — Kaiserkai-Speicher mit Zeitball in Hamburg A 569; — Wasserstandzeiger bei Brunshausen A 570.
Schiffbau: geschichtliche und technische Entwickelung 591; — Grundlagen des Schiffb.: Auftrieb u. Deplacement 628; — Stabilität 631; — Schwingungen des Schiffes im ruhigen Wasser u. auf See 635; — Besegelung u. Ruder 637; — Schiffswiderstand u. Maschinenkraft 645; — praktischer Schiffbau: Holzschiffbau 650; — Eisen- u. Stahlschiffbau 665; — Schiffsmaschinenbau 692; — Marineartillerie 708; — Schiffspanzer 724; — Torpedowesen 731.
Schiffbrücken 335.
Schiffe, verunglückte, Heben und Bergen der 584; — umgefallenes Schiff 584, A 580; — Aufrichten eines umgefallenen Schiffes 584, A 583; — Hebung eines Baggers A 584; — Ausbesserung einer Kaimauer A 585; — Hebung eines Torpedobootes 586, A 587; — Bergung der „Athabaska“ 588, A 587; — Hebung des Dampfers „Lady Cathrine“ A 588 f.; — Dichten des Lecks des „Großen Kurfürsten“ 589, A 590.
Schiffsboote 663; — Kriegsschiffskutter A 664; — Dampfbeiboot A 664; — Francis' Patentrettungsboot A 665.
Schiffsbreite (Schiffb.) 629.
Schiffsdurchlässe (Flußkanalis.) 443.
Schiffseisenbahnen 488.
Schiffshebewerke s. Hebewerke.
Schiffskessel s. Schiffsmaschinenbau.
Schiffsklassifikations-Gesellschaften 681.
Schiffslinien 630.
Schiffsmaschinenbau 692; — Compoundmaschine 613; — von Dudgeon 613, A 615; — „Great Britain“ A 610; — „Great Eastern“ A 613 f.; — „Great Western“ A 609; — Schiffswiderstand u. Maschinenkraft 645; — Feuerrohrkessel A 694 f.; — Bellevillekessel 697, A 696; — Dürrkessel A 697; — Thornycroftkessel A 698; — liegende Dampfmaschine A 699; — Penns Doppelstrunkmaschine A 699; — dreifache Expansionsmaschine für Zweischraubenschiff 701, A 700; — dreifache Expansionsmaschine für

Kriegsschiffe 701, A 700; — Räderschiffsmaschine 702, A 701; — schrägliegende Compound-Räderschiffsmaschine A 702; — amerikan. Balancier-Räderschiffsmaschine 702, A 703; — Kurbelwelle des Schnelldampfers „Kaiser Wilhelm d. G." A 704; — Schraubenpropeller A 706; — zweiflügelige Schraube A 707.
Schiffspanzer 724; — Panzerung der Ausfall-Panzerkorvette „Sachsen" A 725; — Panzerplattenwalze A 726; — Zementierofen A 727; — Versuche mit einer Kruppschen gehärteten Nickelstahlplatte von 300 mm Dicke A 728; — Panzerplattenbearbeitungswerkstatt in Sheffield A 729; — Grusons Hartgußpanzerturm für die Forts von Spezzia 731, A 730.
Schiffsschrauben 706; — Schraubenpropeller A 706; — zweiflügelige Schraube A 707; — Einführung der 605; — des „Great Britain" A 610.
Schiffstypen, Konstruktionsrisse von 630, T 629, A 622, 624.
Schiffswiderstand u. Maschinenkraft 645.
Schiffswinden 657.
Schiffszug, elektrischer 494, A 493.
Schifftransport, Anfänge 6.
Schild zum Vortreiben eines Tunnels A 860.
Schlafwagen 243.
Schlag beim Aufkreuzen des Schiffes 640.
Schleifen im Eisenbahnbau 117; — Schwarzwaldbahn mit den Triberger Schleifen 118, A 116 f.; — Tunnelschlinge der strategischen Schwarzwaldbahn A 122; — Georgetown-Schlinge u. Überschienung des Hagerman-Passes 122, A 123; — Kehren der Gotthardbahn in der Biaschinaschlucht 124, A 125 f.; — Linienentwickelung der Gotthardbahn durch Schleifen und Schlingen 124, T 125.
Schleiferbremse 261.
Schlempe im Schiffsbau 586.
Schlepper, elektrischer, für Schiffszug 494.
Schleppminen 734.
Schlepptender (Eisenb.) 183, A 224.
Schlepptender-Lokomotiven 223.
Schleppweiche (Eisenb.) A 160.
Schleppzug, mechanischer, auf Kanälen 494; — elektrischer A 493.
Schleudern der Lokomotive 170.
Schleusen: des Biwaseekanals 492, A 493; — mit 10 m Hubhöhe im Kanal von St. Denis 470, A 471; — Dodge- A 484; — Floß- 443; — im Kaiser Wilhelm-Kanal 508, A 509; — Kammer- 442, 466, 469, A 470; — Kasten- 468; — Kuppel- 470, A 470; — am Nußdorfer Spitz (Donau) 442, A 440; — Polhem- 478 f.; — Schacht- 470; — Sperr- 453; — Stau- 468; — Zwillings- 477.
Schleusenkammern, geneigte Ebenen ohne, mit beweglichen 483 f.
Schleusentreppe 470, A 469.
Schlichten der Hölzer (Schiffb.) 653.
Schlingen im Eisenbahnbau s. Schleifen.
Schlingern der Lokomotive 235; — des Schiffes 635.
Schlitten, Segel- 641.
Schlittenlafette 718.
Schloßholz an Stengen 660.
Schlup, Segelboot 643.
Schlüsseltrue (Seew.) 649.
Schlußsignale (Eisenb.) 284 T 283.
Schmalspurbahnen 92.
Schmalspur-Tenderlokomotive auf dem Gußstück der Dampfcylinder einer neuern amerikan. Riesenlokomotive 180, A 179.
Schmarting, Segeltuch 661.
Schmidts Reibungsbremse 261.
Schmiege (Schiffb.) 652.
Schmiegemaschine (Schiffb.) A 668.
Schmiegen der Spantwinkel (Schiffb.) 667.
Schmirner Thal, Führung der Brennerbahn im 113, A 114.
Schnabellokomotive A 104.
Schnaumast 660.
Schneebagger von Paulitschky 331.
Schneedach zum Schutze der Eisenbahnen A 119.
Schneepflüge 827.
Schneeschaufeln s. u. Schneeschleudermaschinen.
Schneeschleudermaschinen 827; — nach Leslie 329, A 328; — Görlitzer Dampf-Kreiselschneeschaufel 330, A 329; — Schneeschaufel bei der Arbeit 331, A 330; — Julls Schneeschaufel A 331.
Schneider-Creuzot (Schiffspanzer) 725 f., 727.
Schnellbremse von Westinghouse 258, A 260 f.
Schnelldampfer, Größenverhältnisse der (1837—1897) 618, A 617; — Querschnitte der größten A 618; — Konstruktionsriß T 630; — „Deutschland" 616; — „Kaiser Friedrich" in Spanten stehend A 671; — „Kaiser Wilhelm der Große" 616, A 688; Kurbelwelle A 704; im Querschnitt A 678; Steuereinrichtung A 686; — „Lahn" 647 f.; — „Oceanic" 616, 672, 681 f., 688; vor dem Stapellauf A 683.
Schnellfeuerkanonen A 722; — Bauweise der A 718; — Einführung der 720; — Armstrongs Schraubenverschluß 715, A 714; — automatischer Verschluß von Canet 716, A 715; — 15 cm-, von Armstrong mit Wiegelafette in gepanzerter Kasematte A 720; — Geschützturm von Canet A 720.
Schnellzüge 321; — der Gotthardbahn A 221.
Schnellzuglokomotive, amerikanische (1848) A 178; — Vorderansicht einer amerikanischen 208, A 211; — die schnellste der Welt 223, A 222; — neuere amerikan., u. Lokomotive a. d. Jahre 1881 208, A 210; — englische 223, A 225; — der österreich. Staatsbahn 223, A 224; — vierachsige der preuß. Staatsbahnen mit Drehgestell 169, A 171.
Schnürboden (Brückenbau) 402.
Schoellenen (Gotthardstraße) 66, A 65.
Schoner, Segelschiff 643.
Schonerbark, Segelschiff 645.
Schonerbrigg, Segelschiff 643.
Schoner-Galeas, Segelschiff 643.
Schornstein an Lokomotiven 177.
Schote, Schiffstau 662.
Schotte, wasserdichte (Eisenschiffb.) 677.
Schottland, Kanäle in 476; — Straßenbau 62.
Schratsegel 643.
Schraube, zweiflügelige, für Dampfer A 706.
Schraubenböcke (Eisenschiffb.) 681; — Hintersteven mit 681, A 682.
Schraubendampfer, Einführung der 605; — „Archimedes" 605, A 606; — „Great Western" 607, A 609; — klar für den seitlichen Stapellauf A 650.
Schraubendampfermaschinen 699, A 699.
Schraubenkanonenboote 620.
Schraubenkuppelung s. Eisenbahnwagen 272.
Schraubenpropeller für Dampfer A 706.
Schraubenrahmen (Eisenschiffb.).
Schraubenspindel, Handsteuereinrichtung mittels A 658.
Schraubensteven auf Eisenschiffen 680.
Schraubenverschluß an Geschützen 715; — von Armstrongs 20,3 cm-Schnellfeuerkanone in Wiegelafette 715, A 714.
Schubert (Eisenbahnw.) 209.
Schubkarre s. Personentransport 58.
Schubspannung (Schiffb.) 654.
Schulterblöcke (Schiffstakel.) 662.
Schultz (Geschützw.) 714.
Schuner, Segelschiff 643.
Schuppen, Lager-, in Häfen 459, 525, A 526.
Schüttrinnensystem s. Kohlenverladung 529.
Schützentafeln am Wehr 446.
Schutzhäfen 520.
Schutzschiene, Haarmanns Straßenbahnoberbau mit 158, A 157.
Schuylkill, Brücke über den 389; — Kanalisierung 477.
Schwalgen am Maste 652.
Schwanenfluß in Australien 420.
Schwanzblock (Schiffstakel.) 662.
Schwarzen Meer, Handelsverkehr am 10.
Schwarzwaldbahn mit den Triberger Schleifen 118, A 116 f.; — strategische 120, A 121 f.
Schwarzwasserbrücke (Schweiz) 400.
Schwebebahnen s. Hängebahnen.
Schwebefähren 410; — in Bilbao A 411.
Schweden, Eisenbahnen in 82; — Spurweite 92; — Kanäle 475.
Schwedler (Brückenbau) 393.
Schweiz, Eisenbahnen in der 82; — Straßenbau 63.
Schwellen, Eisenbahn- 142, 154; — eiserne 156.
Schwellenschienen 158; — von Haarmann 158; — von Hartwich A 157; — von Scheffler 158.
Schwenkrahmenlafette 716.
Schwimmdocks 534, A 535; — eisernes A 536.
Schwimmkraft eines Schiffes 628.
Schwimmkran A 528, 685.
Schwimmpontons 534.
Schwinghebel, Zahnradlokomotiven mit A 229 f.
Schwingungen des Schiffes 635; — eines Flosses auf einer Welle A 636.
Schwoien der Schiffe 521.
Schwungradlokomotive von Trevithik (1802) A 186; — verbesserte (1803/4) A 187.
„Scotia", Dampfschiff 615.
Sechtenburger Kanal 491.
Seehäfen 516; — Meerschloß in Saida 517, A 516; — Hafenanlagen von Rhodus A 518; — Reichskriegshafen u. Kaiserl. Werft in Kiel T 520; — Mole von Neapel A 521; — Molenbau in Brunsbüttel A 522; — neuer Hafen in Bremerhaven 522, A 523; — Segelschiffhafen zu Hamburg A 525; — Kaischuppen u. Speicherblocks am Sandthorkai in Hamburg A 526; — großer Kran am Kranhöft in Hamburg A 527; — Schwimmkran A 528; — Verladevorrichtung in Erie Pa A 529; — Kohlenverladevorrichtung 528, A 530; — Kohlenschüttkran im Freihafen zu Bremen 528, A 530; — Pier bei Madras A 531; — Kielholen eines Schiffes 532, A 533; — Dockbank zur Ebbezeit 532, A 533; — Schwimmdock der Werft von Blohm & Voß in Hamburg 534, A 535; — eisernes Schwimmdock 535, A 536; — Slipbelling des Österreich. Lloyd 536, A 537; — Pumpenbagger 537, A 538; — Segelschiffhafen zu Hamburg 538, A 539; — Hafen von Marseille I u. II 542, A 540 f.; — Londoner Dockanlagen 544, A 543; — New York aus der Vogelschau 544, T 544; Hafeneinfahrt A 545.
Seekanäle 494; — Eimertrockenbagger A 495; — Querschnitte A 496; — Suezkanal u. seine Umgebung 496, A 497; bei Port Said A 498; bei Port Tewfic A 499; — Drehbrücke des Manchester Seekanals A 501; — Kaiser Wilhelmkanal: Trockenbagger A 505; — Spülbagger mit angespültem Sandbamm A 507; — Einschnitt bei Grünenthal mit Hochbrücke 507, A 508; —

Digitized by Google

Schleuse zu Brunsbüttel 508, A 509; — St. Petersburg-Kronstadter Kanal 512, A 513; — Mündung des Kanales von Korinth 512, A 514.
Seele, Seelenachse, -boden, -wände, -weite in Geschützrohren 712.
Seeminen 732.
Seezeichen s. Schiffahrtszeichen.
Segel s. Besegelung.
Segeljachten 641; — Konstruktionsriß einer T 630.
Segelschiff, Konstruktionsriß T 630; — s. Besegelung.
Segelschlitten 641.
Segmentgewölbe im Brückenbau 381, A 383.
Séguins Lokomotive mit Röhrenkessel u. Gebläse A 198; — stationärer Röhrenkessel A 201.
Seifert, L., Ingenieur 554.
Seilbahnen 106, 168, 335 ff.; — Abts selbstthätige Ausweichstelle 345, A 346; — dreischienige Seilbahn auf den Beatenberg mit Ausgleichseil 343, A 341; — Wagen der Bürgenstock-Bahn 347, A 346; — Gießbachbahn: obere, untere Station A 339; Umkehrrolle nebst Füllrohr 345, A 343; eiserner Viadukt A 340; — Grütschalpbahn bei Lauterbrunnen 340, A 337; Viadukt 340, A 338; — Oberbau der Bahn Lauterbrunnen-Mürren 168, A 167; — San Salvatore-Bahn mit zwei Schienen u. Abtscher Zahnstange 345, A 344; — Stanserhornbahn: Schienen- u. Zangenbremse 168, A 167; Umsteigestation 345, A 342; — Territet-Glion-Bahn mit vier Schienen u. Riggenbachscher Zahnstange A 345; — Drahtseilbahn f. d. Bau des Chicagokanals A 479.
Seilbrücke über den Chatatumbo 379, A 380.
Seilebenen bei Seilbahnen 335.
Seilgewicht bei Seilbahnen 342.
Seilschiffahrt 422.
Seilzug auf Kanälen 424.
Seine, Arcolebrücke in Paris über d. 399; — Brücke von Neuilly 388; — Regulierung 429; — Schiffsverkehr 481; — Wehre 447.
Seitenkielschwein (Eisenschiffb.) 674.
Sekundärbahnen 90.
Semaphore 276, A 277.
Semmeringbahn 42, 44, 108f.; — Lageplan 110, A 108; — Weinzettlwand A 109 f.; — Thalbrücke über die Kalte Rinne 110, A 111; — Konkurrenzlokomotive „Wiener Neustadt“ A 213; — Konkurrenzlokomotive „Seraing“ A 213.
Senecakanal 477.
Senegalgebiet, Eisenbahnen im 83.
Senséekanal 481.
Senten (Schiffb.) 630, 653.
Serajewo-Konjica-Eisenbahn 136.
Serbien, Eisenbahnen in 82.
Serpentinen bei Eisenbahnanlagen 115.
Setzen des Schiffes 635.
Severin (Kanalbau) 482.
Severnfluß, Fischtreppen im 450; — Eisenbrücke über den A 390.
Shawers Dampf-Motorwagen 72, A 71.
Sheffield, Panzerplattenbearbeitungswerkstatt in A 729.
Shrapnels 723, 724, A 722.
Shula, Seilbrücke 379, A 380.
Siam, Eisenbahnen in 83.
Sibirien, Eisenbahnen in 46, 83; — Karte A 47; — Fahrgeschwindigkeit 324; — Eisenbahnfähre auf dem Baikalsee 332, 334.
Sicard (Taucherk.) 574.
Sicherheitsschraubenkuppelung 272, A 271.
Sicherheitsweiche 160, A 161.
Sidon, Hafen von 516.
Siemens & Halske: elektr. Auslösevorrichtung (Blockverf.) 317, A 318; — Blockwerk 309, A 310; — elektr. Hochbahn 372; — Signalwesen 280; — aufschneidbarer Weichenhebel mit Büssings Drahtspanner 292, 294, A 293; — elektrischer Signalantrieb 298, A 300; — Streckenblockung 316 f.; — elektr. Unterpflasterbahn in Budapest 364; — Weichenstellvorrichtung mit Spitzenverschluß u. Drahtrißsperre. Schnitt 306, A 307.
Sierra Nevada, Bahnstrecke in der (Trestle work) 119, A 118.
Sievers (Kanalbau) 472.
Signalantrieb, elektrischer (Eisenb.) 298, A 300
Signalbrücken (Eisenb.) A 283, 285, 299; — englische Signalbrücke mit 44 Flügelsignalen 283, A 285.
Signale, Schiffahrts- s. Schiffahrtszeichen; — Eisenbahn- s. Signalwesen.
Signalfelder (Blockverfahren) 311.
Signalflügelgruppen (Eisenb.) 289, A 290.
Signaltafel (Eisenb.) 283, T 282.
Signalturm (Eisenb.) 291.
Signalwesen f. Eisenbahnen 275; — Geschichtliches 275; — Signalformen 278; — Läutewerke 280; — Handsignale 282; — Mastensignale 282; — Vorsignale 284; — Weichensignale 284; — Signale am Zuge 284; — Weichen- u. Signalsicherung 288; — Blockverfahren 308; — Sicherung der Schienenübergänge 319.
Simons Dampf-Motorwagen 72, A 71.
Simplonbahn, Kraftstationen der 98; — Tunnel 44, 128.
Simplonstraße 64.
Simpsonsche Regel (Schiffb.) 630.
Single-Maschinen 170, 223, A 225.
Sinkstoffe in Flüssen 421.
Sirene (Schiffahrt) 569, A 568.
Sitzer (Schiffb.) 652.
Skandinavier, Schiffbau der 592; — Wikingerschiff A 593.
Skerryvore, Leuchtturm von 554.
Skidinggunterfegel A 643.
Slip des Dampfschiffes 707.
Slipheling (Schiffb.) 536, A 537.
Smeaton, Ingenieur 36, 554, 571.
Smith, Archibald (Kompaß) 643.
Smith, J. P. (Schiffsschraube) 605; — Porträt A 605.
Smolenkt im Mittelalter 27.
Södenborg, Ingenieur 473.
Sog, Bodensog 586.
Solani-Aquädukt 476.
Solano-Eisenbahnfähre 333, A 334.
Soldaja, Handelsstadt 27.
Sommerweg 68.
Sophia, Brücke der heiligen 383.
Sorgleine am Steuerruder 658.
Soroche, Bergkrankheit 101.
Sostratus, Baumeister 517, 552.
South-Foreland, Leuchtturm zu 562.
South-Western Eisenbahn, Viadukt der 406
Soutscheou, Plan von A 467.
Spagnoletti (Eisenb.) 315.
Spanien, Eisenbahnen in 82; — Fahrgeschwindigkeit 324; — Spurweite 92; — Handel im 16. Jahrh. 28; — Schiffbau 595.
Spantarealkurve (Schiffb.) A 630.
Spanten (Schiffb.) 652; — Aufrichten der A 652; — Schiff in 653.
Spantenbiegenplan (Eisenschiffb.) 667, A 668.
Spantenriß eines Schiffes 630.
Spantenskala (Schiffb.) A 631.
Spantwinkel, Biegen u. Schmiegen d. (Eisenschiffb.) 666.
Spardeckschiffe 682.
Spediteur 50.
Speichenrad, schmiedeeisernes 268, A 269.
Speicherräume in Häfen 459, 525, A 526.
Speigatt (Schiffb.) 677.
Speisepumpen für Lokomotiven 182.
Speisewagen 244, 324, A 249.
Sperrschleuse 453.
Sperrthore a. d. Schleuse 508.
Sperrwerk für Wegschranken, englisches (Eisenb.) 319, A 320.
Spiegel (Schiffb.) 653.
Spiegel, parabolische, für Leuchttürme A 564.
Spiegelhölzer (Schiffb.) 653.
Spiegelwrangen (Schiffb.) 653.
Spieker im Schiffbau 657.
Spierentorpedos 734; — Torpedoboot mit A 734.
Spille auf Schiffen A 657.
Spindel, Ruder- 645.
Spirale im Eisenbahnb. 120.
Spiraltunnel 122.
Spitzenverschlüsse (Eisenb.) 305; — mit Abicherbolzen von Büssing 305, A 306; — Weichenstellvorrichtung mit aufschneidbarem S. u. Drahtrißsperre Schnitt 306, A 307.
Spitzkehren im Eisenbahnb. 115; — einfache A 115; — doppelte der Eisenbahnlinie Tanga-Muheſa 116, A 115.
Spitzweichen (Eisenb.) 296; — Riegeltopf für 304, A 305.
Splügenstraße 66.
Spoleto, Aquädukt bei 383.
Sponung am Kiel 651.
Sporn der Schlachtschiffe 626.
Spree, Schiffsverkehr auf der 418, 464; — Schleusen 443.
Spree-Oderkanal 481.
Spreetunnel 130.
Sprengewerke auf Hinterraddampfern 680.
Sprengringbefestigung (Eisenbahn) A 271.
Sprietsegel A 643.
Springfield, Brücke bei 389.
Springflut 425.
Springpferde (Schiffstauwerk) 661.
Springstroppen (Schiffstauwerk) 661.
Spruten, Schiffstaue 662.
Spülbagger mit angespültem Sanddamm 506, A 507
Spülbecken (Flußregul.) 427; — in Häfen 536
Spurerweiterung (Eisenbahn) 158.
Spurkranz an Schienen 143.
Spurwege 81.
Spurweite der Eisenbahnen 90.
Stabilität der Schiffe 600, 631.
Stadtbahnen 89, 347; — Londoner Untergrundbahnen 349; — Boden- u. Neigungsverhältnisse des Innenrings der Londoner Untergrundbahnen 350, A 351; — Steigungsverhältnisse der East-London-Bahn A 352; — Untertunnelung einer Häusergruppe A 352; — Tunnelquerschnitte A 353; — Tunnel mit Steineisendecke 353 A 354; — Tunnelquerschnitt unterhalb der Londoner Docks A 354; — Station Gower Street 355, A 354; — Station mit Glas-Eisendach A 355; — Schnitt durch die Cannon Street-Station A 356; — Querschnitt der Station Wapping 356, A 357; — offener Einschnitt der Station Shadwell 356, A 357; — Entlüftungsanlage i. d. Cannon Street A 358; — Londoner elektrische Tunnelröhrenbahn 359; — Querschnitt des Tunnels A 360; — Stahlschild zum Vortreiben des Tunnels A 360; — Arbeitsbühne u. Einsteigeschacht i. d. Themse A 361; — Schnitt durch eine Station A 361; — Längsschnitt der elektr. Lokomotive A 362; — Schnitt durch eine Zwischenstation der Zentral-London-Bahn A 363; — Mansion House-Station A 364; — elektrische Unterpflasterbahn in Budapest 364; — Tunnel mit Unterführung einer Wasserleitung 364, A 365; — Tunnel i. d. Grundwasserstrecke d. Andrassystraße A 365; — eiserner Deckenbau der Station Arenastraße 365, A 366; — Treppenhäuschen der Station Arenastraße 365, A 366; — Bau der Haltestelle Giselaplatz A 367; — innere Ansicht der Station Oktogonplatz 365, A 368; Wagen mit vierpoligem um die äußere Drehgestellachse

Digitized by Google

gebauten Motor 365, A 368; — New Yorker Hochbahnen 369; — Lageplan A 370; — Gleisbogen 369, A 371; — Querschnitt einer Station 369, A 371; Berliner elektrische Hochbahn 372; — Gleisdreieck A 372; — Oberbaumbrücke 372, A 373; — Station Gitschinerstraße im Bau A 373; — Berliner Unterpflasterbahn 374; — Hänge- oder Schwebebahnen 374; — Lartigues Dreischienenb. Lokomotive 374, A 375; — Enos' Hängebahn 375, A 376; — Langensche Schwebebahn 375, A 376; — Elberfelder Schwebebahn: Seiten- u. Unteransicht 376, A 377.
Stadttragstühle 52.
Stadtverkehr 51.
Stage (Schiffstakelung) 660; — über Stag gehen des Schiffes 641.
Stagsegel 643.
Stagtakel (Schiffstakel.) 662.
Stahlplattenpanzer 725.
Stahlschiffbau s. Eisenschiffb.
Stampfbeton im Brückenbau 405.
Stampfen des Schiffes 635.
Stampfstage (Schiffstauwerk) 661.
Stampfstock am Bugspriet 661.
Ständer am Wehr 447.
Standsignale, älteste (Eisenb.) 275, A 276.
Stanserhornbahn 106, 343, A 107; — Schienen- u. Zangenbremse 168, A 167; — Steigung 340; — Umsteigestation 344, A 342.
Stapelklötze (Schiffb.) 650.
Stapellauf 651, 658; — Schraubendampfer klar für den seitlichen A 650; — eiserne Schiffe 682; — „Oceanic" vor dem A 683; — Vorkehrung, um den Schlitten auf geneigter Ebene zu halten A 684; — „Fürst Bismarck" zum St. bereit A 685.
Stapelrecht 24.
Stationsblockung s. u. Blockverfahren.
Stationssignale 276.
Stauschleusen (Kanalb.) 468.
Staustufe (Flußkanalisier.) A 440.
Stauwand am Wehr 443.
Stauwerke s. Flußkanalisierung.
Steamkasten (Schiffb.) 653.
Stecknitz, Schiffahrt auf der 438.
Stecknitzkanal 468.
Steeles Luftdruckbremse 259.
Steenke (Kanalbau) 482.
Steertblock (Schiffstakel.) 662.
Stegschienen 152.
Stehbolzen an Lokomotivkesseln A 180.
Stehendes Gut i. d. Takelage 660.
Stehlin (Zahnbahn) 140.
Steife Schiffe 631.
Steige, Zaberner 115.
Steigungsgrenze der Eisenbahnen 106.
Steigungsverhältnisse s. Eisenbahnbau 102, A 105.
Steilbahnen s. Seilbahnen, Zahnbahnen.
Steina, Viadukt von 406.
Steinkistenfundierung, Kaimauer mit A 459.
Steinwürfelunterlage, gußeiserne Fischbauchschiene von Jessop auf 143, A 144.
Stellwerke s. u. Weichen- u. Signalsicherung 288.
Stellwerkhaus des Kopfbahnhofes Cannon Street in London 290, A 291.
Stellwerkhebel, englischer, mit Verschlußvorrichtung (Eisenbahn) 291, A 292.
Stemmthore (Kanalbau) 470.
Stengensahling (Seew.) 660.
Stengepardunen (Schiffstakel.) 660.
Stengewindreep (Schiffstakel.) 662.
Stephenson, George, Ingenieur 192; — Porträt A 192; — Blackwallbahn 386; — Eisenbahnsignale 275; — Liverpool-Manchester-Eisenbahn 204; — Lokomotiven: Nr 1. A 196; zweiter Bauart (1815) A 194; dritter Bauart (1816) A 195; „Adler" 203; — Spurweite 90; — Suezkanal 496; — Walzschiene 143, 145; — Zahnradantrieb für d. Lokomotive „Blücher" (1814) A 193.
Stephenson, Robert, Ingenieur 205; — Britanniabrücke 112, 392, A 113; — Lokomotive „America" (1828) 198, A 197, 206; — Lokomotive „Rocket" 200, A 199; — Röhrenkessel der „Rocket" A 201; — Lokomotive „Planet" A 203; — Steuerung 210, 704; — Zwillingslokomotiven 216.
Stetigkeit eines Schiffes 687.
Stettin z. Z. d. Hansa 20.
Steuerbordbug, Schiff über 640.
Steuerbordhalsen 640; — Bark mit halbem Winde segelnd mit A 640.
Steuerlastige Schiffe 630.
Steuerruder 658; — Handsteuereinrichtung mittels Schraubenspindel A 658; — Hintersteven mit (Eisenschiffb.) 680, A 681; — Dampfsteuerapparat 684, A 686.
Steuerung an Lokomotiven 210.
Steven (Schiffb.) 680.
Stevenknie am Vorsteven 651.
Stevenrohr (Schiffb.) 651.
Stevens, John (Eisenbahnw.) 206.
Stevens, Robert, Breitfußschiene von 146, A 147.
Stevenson, Alan (Leuchtt.) 534.
Stevenson, Robert (Leuchtt.) 554, 560.
Stevin, Simon (Kanalbau) 468.
Stilfserjochstraße 66, A 65.
Stockport, Viadukt von 406.
Stockton (Schiffb.) 607.
Stockton-Darlingtoner Bahn 90; — Stephensons Lokomotive „Locomotion" A 196; — erster Personenwagen der 236, A 237.
Stopfbüchsenklotz (Schiffb.) 653.
Stopperklötze 683.
Störkanal 491.
Storkowkanal 491.
Stoßbrücke (Eisenb.) 152, A 153.
Stoßfangschiene A 153.
Stoßfugen (Eisenb.) 151, 165.
Stoßfugenformen (Eisenb.) 151, A 152.
Stoßvorrichtungen s. Eisenbahnwagen 271, A 271 f.
Stoßweger (Schiffb.) 655.
„Stourbridge Löwe", Lokomotive 206.
Strak (Schiffb.) 630.
Strandrecht 51.
Straßburg, Schiffahrtsverkehr von 464.
Straßenabschlämmmaschinen 68.
Straßenbahnoberbau mit Schutzschiene v. Haarmann 158, A 157.
Straßenbau s. Landstraßen.
Straßeneisenbahnen 53.
Straßenkehrmaschinen 68.
Straßenmotoren 69; — Cugnots Dampfwagen A 69; — Trevithiks Straßenlokomotive 70, A 69; — Londoner elektrisches Cab 71 A 70; — amerik. elektr. Wagen 72, A 70; — Shavers Dampf-Motorwagen 72, A 71; — Simons Dampf-Motorwagen 72, A 71; — Daleys Gasoline-Motorwagen 72, A 71; — Benton-Harbers Gasoline-Motorwagen 72, A 71; — elektrisch betriebener Gesellschaftswagen f. 12 Personen 73, A 72; — elektrisch betriebener Geschäftswagen 73, A 72; — elektrisch betriebener Postwagen A 73; — Daimlerscher Motorfrachtwagen A 74.
Straßenpflaster i. Mittelalter 52.
Straßenverkehr im 18. Jahrh. (Porte chaise) A 51.
Straßenwalzen 68.
Straßenzwang 24.
Streckenblockung s. u. Blockverfahren.
Streckensignale (Eisenb.) 278.
Streugeschosse 723.
Strickland-Schiene 147, A 148.
Striegauer Wasser, gußeis. Brücke über das A 391.
Stringerplatten (Schiffb.) 665, 676.
Stringerwinkel (Schiffb.) 665, 674.
Stromanker 663.
Strombaukunst 423.
Stropp (Schiffstakel.) 662.
Strub (Zahnbahn) 136, 165; — Oberbau, Schienenzange, Zahnstangenweiche d. Jungfraubahn 167, A 166.
Stufenräder bei Zahnbahnen 165.
Stuhlschiene A 148.
Stuhlschienengleise 153.
Stuhlschienenoberbau (Eisenbahnb.) 158, 155, A 156.
Stumpfbolzen im Schiffbau 657.
Sturmflut 425.
Sturzbett am Wehr 448.
Sturzpforten (Schiffb.) 656.
Stützkörper am Wehr 443.
Submarinegucker 580, A 580 f.
Südafrikanische Republik, Eisenbahnen in der 83; — Feldbahn mit elektrischem Betrieb A 93.
Sudan, Eisenbahnen im 83.
Suez, Kanal von 465, 496; — Karte A 497; — bei Port Said A 498; — bei Port Tewfic A 499.
Sulinamündung, Regulierungsarbeiten an der 436.
Sully, Straßenbau unter 61.
Sunderland, Brücke zu A 391.
Superga-Seilbahn 339.
Susquehanna, Brücke bei Columbia über den 389; — Eisbrücke A 410; — Eisenbahnfähre 333.
Susquehannakanal 477.
Swakopmund-Windhoeker Bahn 94.
Swift boats 474.
Sykes (Eisenb.) 316.
Symington, Ingenieur 69, 421, 602; — Dampfboot A 601.
Széchényistraße a. d. unteren Donau A 67.

Tafel, Peutingersche 60.
Tagesmarken (Seew.) 547.
Tagespost von Beirut nach Damaskus 46, A 48.
Tajo, Römerbrücke über den 381, A 382.
Takel (Schiffstauw.) 662.
Takelage, stehendes, laufendes Gut der 660 f.
Takelung eines Schiffes 659.
Talbots Güterwagen 263, A 266.
Taljen (Schiffstauw.) 662; — am Steuerruder 658.
Taljereeps, Taue 660.
Tampico- Mexiko, Lokomotive der Bahn 217.
Tana, Handelsstadt 18, 26.
Tanga-Muhesa, doppelte Spitzkehre der Eisenbahnlinie 116, A 115.
Tanks, Tankschiffe 461; — Schottensystem in 680.
Tarbé (Straßenbau) 66.
Tasmanien, Eisenbahn. in 84.
Tauchbewegungen d. Schiffes 635.
Taucherkunst 571; — Taucherhelm mit Verschluß 572, A 571; — Taucher im Anzug u. mit Luftpumpe A 572; — amerikan. Taucherausrüstung 576, A 573; — Taucher mit Luftregulator ohne Helm u. Anzug (Nackttaucher) 576, A 574; — Taucher mit Luftregulator, Vorrichtung zum Sprechen u. Hören, Lampe 576, A 575; — unterseeische Petroleumlampe A 576; — Marcilhacys Taucherhelm mit elektr. Lampe 577, A 576; — Hersents Taucherschacht 579, A 577; — Haedickes Tieftauchapparat 579, A 578; — Haedickes Taucherboot A 579; — unterseeisches Boot „Nautilus" 570, A 579; — Haedickes Submarinegucker 580; — Submarinegucker für kleine Fahrzeuge, für Boote, im Kugelgelenk A 581; — pneumatischer Tunnelbau T 581.
Taucherschachte für Stromregulierung A 436 f.
Tauerboot, elektrisches, A 422.
Taurus, Handelsstadt 18.
Taxis, Franz von (Postw.) 61.
Taylor (Schiffb.) 602; — Dampfboot A 601.

„Tegetthoff“, Kasemattschiff 626, A 622.
Tehuantepec, Schiffseisenbahn von 515.
Telemotor von Brown 684.
Tellener (Eisenbahnw.) 136.
Telford, Ingenieur 36, 62, 392, 406.
Tender 183.
Tenderlokomotiven 183.
Tenderwache 271.
Terni-Werke (Panzerplatten) 730.
Terre-Nègre, Leuchtturm von 557.
„Terrible“, Kreuzer 627, A 624.
Territet-Glion-Seilbahn A 345.
Tertiärbahnen 90.
Tessinthal, Kehrtunnel der Gotthardbahn im 124, T 125.
Teufelsbrücke über den Llobregat A 386.
„Teutonic“, Dampfschiff 615.
Thalbrücken s. u. Brücken.
Tharschich, sagenh. Land 10.
Themse, die alte Brücke zu London über die 385; — Southwarkbrücke zu London 391; — Towerbrücke 406.
„The Queen“, Linienschiff 600 A 601.
„The Sovereign of the Seas“, Dreidecker A 558.
„The Victory“, Dreidecker 598, A 599.
„The Victory“, Linienschiff 708.
Thomson, John (Schiffb.) 607.
Thornycroft: Kessel (Schiffsmaschine) A 698; — Schiffsschraube 706; — Torpedoboote 740.
Thunberg, Daniel, Ingenieur 474.
Tiber, Schiffahrt auf dem 415.
Tichwinsches Kanalsystem 472 f.
Tiefbahnen 89, 348.
Tiefenregulator für Torpedos 735; — Wirkung 736, A 735.
Tiefgang eines Schiffes 628.
Tieftauchapparate 579; — von Haedicke 579, A 578.
Tiete, Schiffahrt auf dem 420.
Tiszolcz-Zolyom brezo-Eisenbahn 136; — Abtsche Lokomotive 234, A 235.
Tjalk, Segelboot 643.
Tonkin, Eisenbahnen von 83.
Tonnen (Seew.) s. Bojen 548.
Tonnenrack s. d. Schiffstakelung 660.
Top des Mastes 659.
Toppenanten, Schiffstaue] 661.
Toppflöße 6.
Toppsegel 643.
Toppstück (Schiffb.) 652.
Topptakel 586.
Topzeichen (Seew.) 549.
Torpedoboote 627, 740, A 625; — Konstruktionsriß T 630; — Hebung eines gesunkenen 586, A 587; — älteres mit Spierentorpedos A 743.
Torpedobootzerstörer 627, 741 f., A 625.
Torpedokanonenboot mit Torpedobooten 627, A 625.
Torpedoschutznetz, Panzerschiff „Victoria“ mit 742, A 741.
Toselli (Taucherapp.) 581.
Torpedowesen 731; — Berührungsmine A 732; — Vorrichtung zur Verteidigung des Triester Hafens 734, A 733; — älteres Torpedoboot mit Spierentorpedo A 734; — Wirkung von Tiefenregulator u. Pendel 736, A 735; — Brotherhood-Maschine A 736; — Whitehead-Torpedo A 737 f.; — Lancierung eines Torpedos A 739; — Überwasserlancierrohr A 740; — Torpedozielapparat 740; — Panzerschiff „Victoria“ mit Torpedoschutznetz 742, A 741.
Tote Last bei Fahrzeugen 140.
Tothölzer am Vorsteven 651.
Towerbrücke in London 406.
Town, Ingenieur 389.
Tracieren der Straßen 69.
Trägerschiene von Adams A 148.
Tragstühle 52.
Trajansbrücke über die Donau 380; — über den Tajo 381, A 382; — -straße am Kasanpaß 58, A 57.
Trajektanstalten s. Fährboote.
Transandinische Eisenbahn 95.
Transkaspische Eisenbahn 46.
Transvaal, Eisenbahnen in 83; — Feldbahn mit elektrischem Betrieb in A 93.
Traube an Geschützen 712.
Treibachse, Lokomotive mit 183; — mit freier 170.
Treidelweg 452.
Trent- u. Merseykanal: Hebewerk 484, 490.
Tresidder (Nickelstahl) 727.
Trestle works 119, 389; — Bahnstrecke über die Sierra Nevada 119, A 118.
Trevithiks Schwungradlokomotive (1802), A 186; — verbesserte (1803/4) A 187; — Londoner Straßenlokomotive 70, A 69.
Trevithik Sohn (Eisenbahnw.) 174.
Trew, John, Ingenieur A 35.
Trezzo, Addabrücke bei 386.
Triberger Schleifen, Schwarzwaldbahn mit den 118 A 116 f.
Triere, altgriechische A 592
Triest, Hafenanlagen von 542; — Vorrichtung zur Verteidigung des Hafens 734, A 733.
Trisanabrücke (Arlbergbahn) 399, A 398.
Trockenbagger 506, A 505; — Eimer- A 495.
Trockendocks 531.
Trollhättakanal 478.
Trommelwehr 448, A 447.
Trompete, Dampf- 277, A 204.
Troske (Lokomot.) 178.
Truen s. Bojen.
Trunkmaschine von Penn A 699.
Tunis, Eisenbahnen in 83.
Tunnelbau 44, 122 f.; — Tunnel bei Barada der Antilibanon-Eisenbahn A 44; — Beginn eines Tunnelbaues 130, A 129; — fertiges Tunnelportal 130, A 129; — pneumatischer T 581; — s. a. Untergrund-, Unterpflaster-, Tunnelröhrenbahnen.
Tunnelröhrenbahnen, elektrische, in London 359; — Tunnelquerschnitt A 360; — Stahlschild zum Vortreiben des Tunnels A 360; — Arbeitsbühne und Einsteigeschacht s. d. Themse A 361; — Schnitt durch eine Station A 361: — Längsschnitt der Lokomotive A 362; — Zentral-London-bahn 363; — Schnitt durch eine Zwischenstation A 363; — Mansion House-Station 363, A 364.
Tunnelschlinge d. strategischen Schwarzwaldbahn A 122.
Turin-Genua-Seilbahn 338.
Türkei, Eisenbahnen in der 82; — Brückenbau 383.
Turmschiffe 626 f.; — „Charlemagne“ 627, A 624; — „Devastation“ 627, A 622; — „Marceau“ 627, A 624; — „Monitor“ 626; — „Preußen“ 626, A 622; — „Preußen“, Hauptspant mit Panzerturm A 718.
Türr, Stefan (Kanalb.) 513.
Tyne, Regulierung des 429; — Viadukt bei Newcastle 406.

Überneigen des Schiffes 642.
Überwasserlancierrohr f. Torpedos A 740.
Ufereinfassungen in Häfen 524
Umgrenzungsprofil der Eisenbahnfahrzeuge 174, A 171, 174.
Umkehrrolle nebst Füllrohr der Gießbachbahn 345, A 348.
Umschlagsplätze (Verkehrsw.) 452.
Umschlagsrecht (Handelsverkehr) 24.
Umsteigestation der Stanserhornbahn 343 f., A 342.
Unionkanal 477.
Untergrundbahnen 69, 348; — in London 349; — Boden- u. Neigungsverhältnisse des Innenrings 350, A 351; — Steigungsverhältnisse der East-London-Bahn A 352; — Untertunnelung einer Häusergruppe am Pembridge Square A 352; — Tunnelquerschnitt (1861, 1881), A 353; — Tunnel mit Stein-Eisendecke 353, A 354; — Tunnel unter den Docks A 354; — Station Gower Street 355, A 354; — Station mit Glas-Eisendach A 355; — Cannon Street Station A 356; — Station Wapping 356, A 357; — Station Shadwell 356, A 357; — Entlüftungsanlage A 358.
Unterhaupt an der Schleuse 470.
Unterliek eines Segels 662.
Untermarsraaen 660.
Untermast 659.
Unterpflasterbahnen 89, 348; — elektrische in Budapest 364; — Tunnel mit Unterführung einer Wasserleitung A 365; — Tunnel s. d. Grundwasserstrecke der Andrassystraße A 365; — eiserner Deckenbau d. Station Arenastr. A 366; — Treppenhäuschen der Station Arenastr 365, A 366; — Bau der Haltestelle Giselaplatz A 367; — Station Oktogonplatz 365, A 368; — Wagen mit vierpoligem um die äußere Drehgestellachse gebauten Motor A 368; — in Berlin 374.
Unterraaen 660.
Untersegel 598.
Unterwasserboote 742.
Unterwasserlancierrohr für Torpedos 739.
Unterwasserwaffen 731.
Uruguay, Eisenbahnen in 83.
Ütlibergbahn 106.

Vásárhelyi, Ingenieur 67.
Vauclain (Lokomot.) 220 f.
Vautier, Ingenieur 343.
Vavasseur, Rahmenlafette von A 717.
Venedig, Handel im Mittelalter 16 f., 18, 20 f., 27 f.; — Lagunenviadukt 406; — Rialtobrücke 387; — Schiffbau 594; — Mittelmeerfahrzeug A 595.
Venezuela, Eisenbahnen in 83.
Verbinder an der Lokomotive 219.
Verbrennung mit künstlichem Zuge (Lokomot.) 177.
Verbundlokomotiven 183, 212 f.; — Verbund-Tenderlokomotive nach Günther-Meyer 217, A 216; — Mallets Duplex- A 217; — dreicylindrige 220; — viercylindrige 221; — Schnellzug der Gotthardbahn A 223; — zwölfräderige amerikanische 223, A 226.
Verbundschnellzuglokomotiven: die schnellste der Welt 223, A 222; — der österreich. Staatsbahn 223, A 224; — englische 223, A 225.
Verbund-Tenderlokomotive nach Günther-Meyer 217, A 216.
Verbundwirkung, Lokomotiven mit 219.
Verdampfungsfähigkeit des Lokomotivkessels 173.
Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen 275.
Verein. Staaten von Amerika, Eisenbahnen in den 83; — Fahrgeschwindigkeit 324; — Gepäckbeförderung 326.
Verkehrswesen s. Weltverkehr.
Verladevorrichtung, Kohlen- A 529.
Verona, Burgbrücke bei 387.
Verruga-Viadukt 101, A 103.
Verschießen d. Stöße (Schiffb.) 655.
Verschlußrolle an Weichen 305, A 304.
Verschlußstück an Geschützen 712; — Schraubenverschluß von Armstrongs 20, 8 cm-Schnellfeuerkanone in Wiegelafette 715, A 714; — automatischer Verschluß von Canet für Schnellfeuerkanonen 716, A 715.
Verschlußtafel für Weichensicherung 300, 302, A 301.
Verschublineal eines Stationsblockwerkes A 313.
Vesuvbahn 339 f., 343.
Via Appia 56, A 57.
Viadukt der Grütschalpbahn 340, A 338; — eiserner der Gießbachbahn 341, A 340; — Verruga- 101, A 103; — s. a. Brücken u. B.
Viaur, Thalbrücke über den 112, 401.
Vickers (Panzerplatten) 730.
Vierkuppler (Lokomot.) 216.
Vierwaldstätter See, Axenstraße am 64, A 63.

Digitized by Google

Vignoles (Eisenb.) 214; — Breitfußschiene A 147.
Viktoria, Eisenbahnen in 84.
Vindeleifven, Brücke über den 400, A 399.
Vineta (Julin) 20.
Violinblöcke (Schiffstakel.) 662.
Vivian (Lokomot.) 186.
Vollgeschosse 722.
Völligkeitskoeffizient (Schiffb.) 629.
Vollschiff 645; — am Winde segelnd A 641; — Seitenansicht eines hölzernen, alle Segel führenden T 659.
Vorboden am Wehr 443.
Vorbramstag (Schiffstakel.) 661.
Vorbrassen, Schiffstaue 661.
Vordernberg-Eisenerzer Bahn 137.
Vorgeschirr (Schiffstakel.) 661.
Vorhäfen 521.
Vorlauf am Vorsteven 651.
Vorschoner, Segelschiff 643.
Vorsegel 643.
Vorsignale (Eisenb.) 277, 284, T 283.
Vorspannlokomotive 172.
Vorsteven (Schiffb.) 651, 681.
Vorstevenholz (Schiffb.) 651.
Vorwecksignale (Blockverfahren) 316.
„Vulkan", Werft in Stettin 615 f., 618.

Wabasch-Eriekanal 478.
Wädensweil-Einsiedelner Eisenbahn 106.
Wagen, amerikanischer elektrischer 72, A 70.
Wagen, Eisenbahn- s. Eisenbahnwagen.
Wagenkuppelung, Eisenbahn- 272; — Sicherheits- A 278.
Wagner (Luxuswagen) 244.
Wales, Festiniogbahn in 92, A 91.
Walwyn, Viadukt von 406.
Wanderfische, Treppen für 449, A 449 f., 451.
Wandern der Gleise 165.
Wanten (Schiffstakel.) 660.
Wärmflaschen in Eisenbahnwagen 250.
Warmwasserheizung in Eisenbahnwagen 252.
Warpanker 663.
„Warrior", Panzerschiff 724, A 621.
Wascheinrichtungen in Eisenbahnwagen 250.
Waisener Schleife (Gotthardbahn) 124, T 125.
Wasserballast bei Seilbahnen 340 f., 343.
Wasserdiligence 420.
Wassergangsplanken (Schiffb.) 655.
Wasserkammern im Schiffe 636.
Wasserkran der preuß. Staatsbahnen 323, A 322; — der Londoner Untergrundbahnen A 323.
Wasserlauf auf eisernen Schiffsdecks 677.
Wasserlinienarealkurve (Schiffb.) A 630.
Wasserlinienriß eines Schiffes 630.
Wasserlinienskala (Schiffb.) A 630.
Wassernehmen der Lokomotiven 322; — Vorrichtung (1860) 323, A 324; — Wasserkräne 323, A 322 f.
Wasserrohrkessel (Schiffsmaschine) 694, 696 f.
Wasserslogg (Schiffahrt) 707.
Wasserstagen (Schiffstakel.) 661.
Wasserstandszeiger an Lokomotiven 181; — an Seeküsten A 570.
Wasserstationen (Eisenb.) 323.
Wasserstraßen 413; — Flußläufe u. Flußschiffahrt 413; — Flußkorrektionen 422; — Flußkanalisierung 428; — Flußhäfen 452; — Schiffahrtskanäle 465; — Seekanäle 494; — Seehäfen 516; — Schiffahrtszeichen 547; — Taucherkunst 571; — Heben u. Bergen verunglückter Schiffe 584.
Wassertiefe in Häfen 523.
Wasserverdrängung eines Schiffes 628.
Watt, James, Ingenieur 86; — Dampfwagen (1784) 69, 184.
Wearmouth, Eisenbrücke bei A 391.
Webb, Ingenieur 220.
Wechselfeuer (Seew.) 565.
Wechselstegblattstoß von Haarmann 152, A 153.
Wegerungsplanken (Schiffb.) 654 f.
Wegesignale (Eisenb.) 283, A 283, T 282.
Wegner, von (Kanalbau) 502.
Wegschranken, englisches Sperrwerk für (Eisenb.) 319, A 320.
Wehre, Fluß- 441; — bewegliche 443; — Nadel- mit Klappenwehr 444, A 445; — Anlage bei Pretzien a. d. Elbe 447, A 446; — Cylinder- 448; — Jalousien- 446; — Klappen- A 447; — Trommel- 448, A 447; — Fischwege an 449, A 449 f., 451.
Wehrkörper am Wehr 443.
Weichen 160; — Schlepp- A 160; — Rechts-, Links-, dreifache 160, A 161; — symmetrische 160, A 161; — Kreuzungs- 160, A 161; — Sicherheits- 160, A 161; — einfache, doppelte 300, A 302; — für Zahnbahnen von Abt 167, A 164; — für Seilbahnen von Abt 345, A 346.
Weichenhebel, aufschneidbarer, von Siemens & Halske mit Büssings Drahtspanner 292, 294, A 293.
Weichen- und Signalsicherung 288; — Stellwerke 288; — Hallensignale des Bahnhofs York 288, A 287; — Sicherung einer engl. Abzweigstation A 289; — Signalflügelgruppen 289, A 290; — Stellwerkhaus des Kopfbahnhofes Cannon-Street in London 290, A 291; — englischer Stellwerkhebel mit Verschlußvorrichtung 291, A 292; — aufschneidbarer Weichenhebel von Siemens & Halske mit Büssings Drahtspanner 292, 294, A 293; — Stellwerk in Düsseldorf A 295; — Sicherung einer englischen Gleiskreuzung 296, A 297; — Weichen- u. Signalstellvorrichtung mit Luftdruck u. elektr. Auslösung 297, A 298; — Signalbrücken auf dem neuen Bahnhof zu Boston 298, A 299; — elektrischer Signalantrieb 298, A 300; — Verschlußtafel 300, 302, A 301; — Gleisplan 300, A 301; — einfache Weiche 300, A 302; — doppelte Kreuzungsweiche 300, A 302; — Schema des zweiflügeligen Mastes 300, A 302; — Druckschiene mit Riegel, mit Doppelriegel A 303; — Weichenverriegelung durch das Signal 305, A 304; — Stellvorrichtung eines Mastensignals mit Vorsignal und gleichzeitiger Verriegelung der von Hand gestellten Spitzweiche A 305; — Büssings Spitzenverschluß mit Absicherbolzen 305, A 306; — Weichenstellvorrichtung mit aufschneidbarem Spitzenverschluß u. Drahtrißsperre 306, A 307; — Ausgleichvorrichtung durch Doppelhebel 307, A 308; — Gelenkausgleicher s. Gestänge 307, A 308; — Blockverfahren s. d.
Weichensignale (Eisenb.) 284, T 283.
Weichenstellwerk (Eisenb.) 160.
Weichenturm (Eisenb.) 160, 291.
Weichenverriegelung durch das Signal (Eisenb.) 305, A 304.
Weichenzungen (Eisenb.) 160.
Weichsel, Brücke bei Dirschau über die 393, 399; — bei Fordon 399; — Regulierung 438.
Weichsel-Haffkanal 491.
Weinzettlwand (Semmeringbahn) A 109 f.
Weir (Dampfpumpe) 705.
Wellandkanal 478.
Wellenbrecher 521; — Molo St. Vincenzo zu Neapel A 521.
Wellenklotz (Schiffb.) 651.
Wellenrohr (Schiffb.) 651.
Weltverkehr und seine Mittel 1; — geschichtliche Entwickelung des Verkehrswesens 3; — Landstraßen 55; — Eisenbahnen 75; — Brücken u. Viadukte 379; — Wasserstraßen 413; — Schiffbau 591.
Wengerbremse 261.
Wengernalpbahn A 133; — Spurweite 92.
Werbelliner Kanal 491.
Werften 520, 650; — in Kiel T 520; — kurfürstliche zu Havelberg A 649; — s. d. Rheinau zu Köln A 463.
Weser, Kanalisierung der 438 f.; — Regulierung 430; — Unterweserkorrektion 428 f., 430; — Längenprofil des Flußgebiets A 431; — Schiffbarkeit 423.
Westinghouse - Schnellbremse 258, A 260 f.
Wettingen, Brücke über die Limmat bei 388.
Whitehead-Torpedos 732, 735, A 737 f.
White Star-Dampferlinie 615.
Whitworth, J. (Geschützw.) 710.
Whitworth, Robert, Ingenieur 36.
Wichert (Eisenbahnw.) 252.
Widened Lines in London 350.
Widerlager im Brückenb. 381.
Widerstandskoeffizient bei Fahrzeugen 102.
Wiebeking, Ingenieur 388 f.
Wiegelafette 719; — Schraubenverschluß der 20, 3 cm-Schnellfeuerkanone in 715, A 714; — 15 cm-Schnellfeuerkanone von Armstrong in gepanzerter Kasematte mit A 720.
Wien, Handel im Mittelalter 20.
Wiener-Gloggnitzer Lokomotivenfabrik 213.
Wigham (Brenner) 562.
Wikingerschiff A 593.
Wikingerzüge 17.
Wilhelmshaven, Hafen von 520.
Wilke, Ingenieur 405.
Wilkinson (Brückenb.) 390.
Willebroek, Kanal von 496.
Wilson, Alex. (Panzerplatten) 725.
Winans (Eisenbahnw.) 208.
Windbake A 547.
Winde, Anker- A 657; — Dampfanker- A 687; — Fracht- A 687.
Windreep (Schiffstauw.) 662.
Winkellasche an Eisenbahnschienen 150.
Winkelportalkräne, elektrisch betriebene A 460.
Winkelschiene, Currs gußeiserne 142, A 143.
Winstanley (Leuchtt.) 553.
Winterhäfen 520.
Wippen (Schiffb.) 682.
Wirbelblöcke (Schiffstakel.) 662.
Wisby, Handelsstadt 20.
Wischni - Wolotschok - Kanal 478.
Wittenberge, Brücke bei 389.
Wöhler, Ingenieur 241.
Wolf, Ernest (Dampfmasch.) 612.
Wood (Eisenb.) 195, 198, 269.
Woodbridge (Geschützw.) 714.
Woolf, Arthur (Dampfmasch.) 612.
Woolwich-Geschützrohr A 710.
Woottenkessel (Lokomot.) 175.
Worms, Lagerhaus in A 460.
Worpenwrangen (Schiffb.) 653.
Worsdell (Lokomot.) 220.
Württemberg, Eisenbahnen in 82, 85; — Staatsstraßen 37.

Xertigny, Wiederherstellung des gesprengten Viadukts von (1870) A 412.

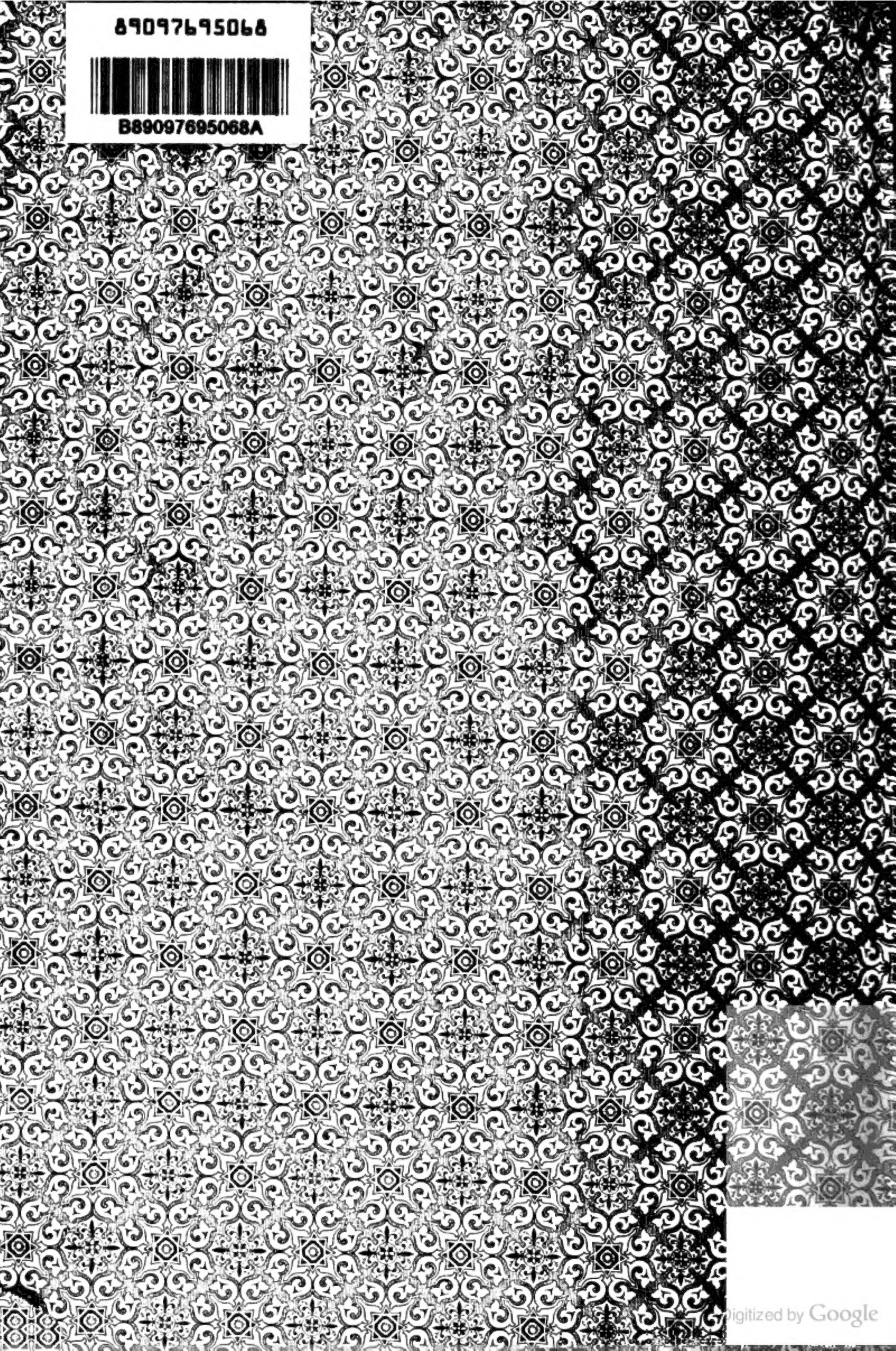
Yarrow (Torpedoboot) 741.
Yguassu, Schiffahrt auf dem 420.
York, Hallensignale des Bahnhofs 288, A 287.
Yverdon-St. Croix Bahn 106, 114.

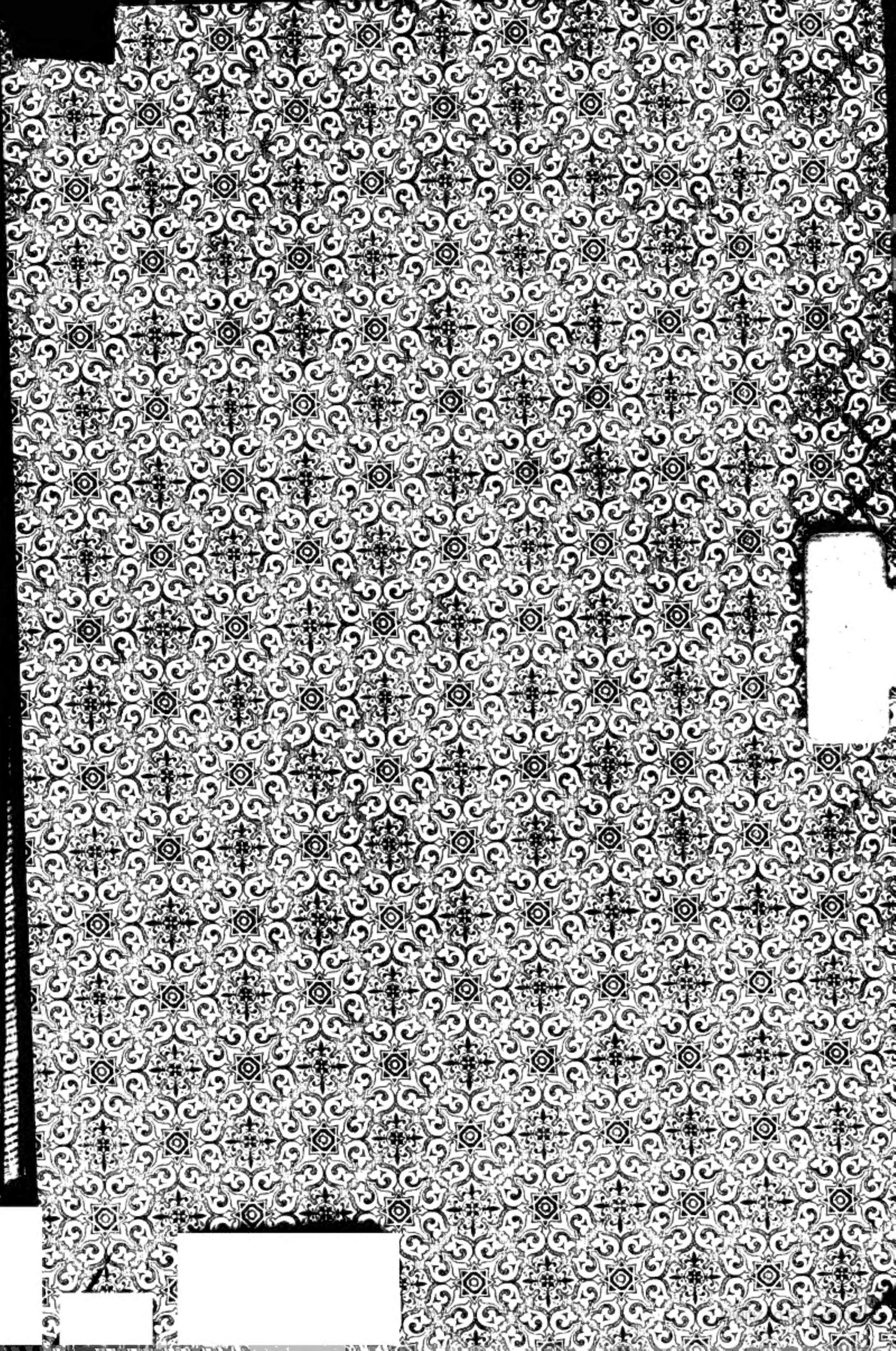
Taberner Steige 115.
Zahnbahnen 106, 130 f., 163 f.; — Felseinschnitt der Brünigbahn A 96; — Jungfraubahn 99, 100, T 100; Oberbau, Schienenzange, Strubs Zahnstangenweiche 167, A 166; — Stanserhornbahn A 106; — Rigibahn 132, A 131; — Wengernalpbahn A 133; — Längenprofile Abtscher Zahnstangenstrecken inmitten von Reibungsbahnen

Digitized by Google

A 135; — Längenprofile Abtscher Zahnbahnen A 136; — erste elektr. auf d. Mont Salève bei Genf A 137; — Pilatusbahn: Eselspartie, Wolfsschlucht 140, A 138 f.; — Oberbau mit schmiedeeiserner Zahnstange (Mount Washington) 163, A 162; — Oberbaustützen der Zahnbahn Vitznau-Rigikulm 165, A 162; — Entwickelungsformen der Zahnstange 165, A 163; — Abts Weiche 167, A 164; — Zahnstangeneinfahrt 167, A 164 f.; — Zahnbahn von Blenkinsop (1812) A 236.
Zahnradantrieb von Abt A 233; — für Stephensons Lokomotive „Blücher" A 193
Zahnradbahnen s. Zahnbahnen.
Zahnradlokomotive, Geschichte der 227; — von Blenkinsop A 188; — der Brünigbahn A 232; — mit Doppelschwinge der Gornergratbahn A 229; — s. d. Madison-Indianapolisbahn von Cathcart A 227; — der Mount Waschington Bahn von Marsh 288, A 227; — vierzylindrige mit einarmiger Schwinge der Pikes Peak Bahn 229, A 230; — der Pilatusbahn A 231; — der Rigibahn (1871) 229, A 228; — Abtsche der Bahn Tiszolcz-Zolyom brezo 234, A 235; — Abts Zahnradantrieb A 233; — vereinigte Z. und Reibungslokomotive 232.
Zahnstange, Entwickelungsformen der 165 A 163; — bei Seilbahnen 346.
Zahnstangenbahnen s. Zahnbahnen.
Zahnstangeneinfahrt 167, A 164.
Zangenbremse bei Seilbahnen 168, 347, A 167.
Zapfenplatte (Eisenb.) 157.
Zapfenreibung bei Fahrzeugen 102.
Zeitball (Seew.) 569; — Kaiserkai-Speicher in Hamburg mit A 569.
Zeitblocksystem (Eisenb.) 314.
Zeitverschluß f. Druckschienen (Eisenb.) 304.
Zellensystem im Schiffbau 608, 674; — Doppelboden mit A 674.
Zementieröfen für Panzerplatten A 727.
Zentralbuffer 271; — Kuppelung, selbsttätige 278.
Zentral-Londonbahn 363.
Zentralöler a. Lokomotiven 236.
Zermattbahn 136.
Zeuner (Schiffsmasch.) 702.
Zielapparat, Torpedo- A 740.
Zollkutter 643.
Zollwesen im Mittelalter in Deutschland 22.
Zschokke, Ingenieur 182.
Zschopauviadukt 406.
Zugdienst (Eisenb.) 321; — Wasserkräne 323, A 322 f.; — Vorrichtung zum Wassernehmen während der Fahrt 323, A 324.
Züge in Geschützrohren 712; — Kruppsche Zugform A 712; — Einschneiden der 723.
Zughaken, -stangen an Eisenbahnwagen 273, A 274.
Zugkraft der Lokomotive 169.
Zugsignale (Eisenb.) 284, T 283.
Zugstab (Eisenb.) 319.
Zugvorrichtungen f. Eisenbahnen 271.
Zuladung eines Schiffes 628.
Zulage (Schiffb.) 653.
Zürich, elektr. Straßenbahn in 106.
Zurrung am Bugspriet 660.
Zustimmungsfelder (Blockverfahren) 311.
Zustimmungshebel an Stellwerken (Eisenb.) 295.
Zwangsschienen in Gleisbögen 159, A 160.
Zweibuffersystem 271.
Zweideckschiffe 682.
Zweimastgaffelschoner 643.
Zweischraubendampfer 615.
Zwillingslokomotiven 175.
Zwillingsschleusen 477.
Zwischendecksbalken (Schiffb.) 653.

Digitized by Google


89097695068
B89097695068A
Digitized by Google



Digitized by Google